ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

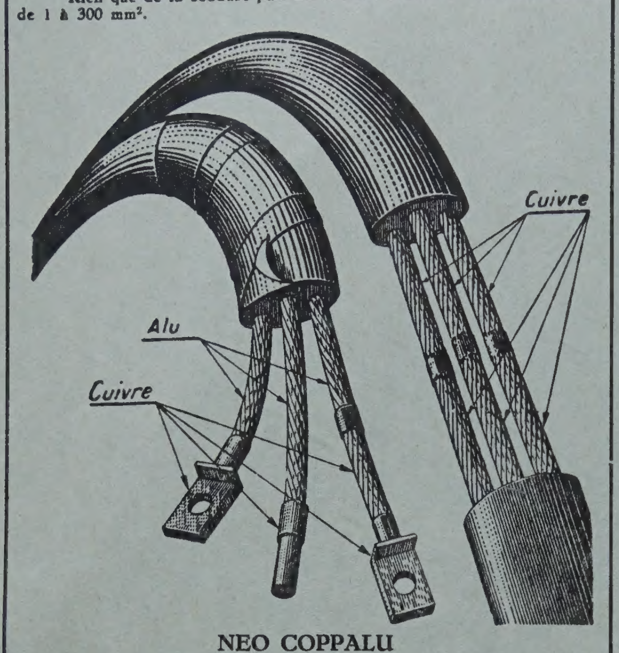
Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEBRIJVEN

4000 LIEGE, Bois du Val Benoit, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

MARS 1973 Mensuel — N° 3 — Maandelijks **MAART 1973**

Pour transporter de l'**ENERGIE**, on ne peut augmenter indéfiniment la **TENSION** : force est donc d'agir sur l'**INTENSITE**...
Pour le problème des contacts qui en résulte :
Pas d'épissure - Pas de jonction mécanique.
Rien que de la soudure parfaite **HOMOGAME** et **HETEROGAME** de 1 à 300 mm².



NEO COPPALU

Appareils et procédés **G.A. DUCH** Btés. **SGDG** France et Etranger : pour les Raboutages **HOMOGAMES** Cu/Cu et Al/Al ronds et sectoraux sans surprofilage, **HETEROGAMES** Cu/Al, des câbles électriques de l'**ELECTROTECHNIQUE** et des **MINES**.

RABOUTAGE des câbles souples des **MINES**.

Joints électriques de rails Acier/Cuivre/Acier « présoudés ».

NEO COPPALU, 134, boulevard Gabriel-Péri, BP 45
92240 MALAKOFF - Téléphone : 735.16.80.

Ets René DEJONGHE

S.P.R.L.

Usines : **17, Tarbotstraat**
B.P. 247 - **GAND**

Télex 11.114
R. C. G. 46.706

Tél. 25.27.27
23.15.27

Tous traitements d'eau alimentaire et industrielle, vaccination, adoucissage, eaux de refroidissement, piscines, eau surchauffée.

NEOFOS® : Divers phosphates polymères pour adoucir ou vacciner, empêcher la corrosion, l'entartrage et la croissance des aigues.

Eaux de chaudière :

NEOFOS CH : Pour le traitement des eaux de chaudière, la « longue vie » de vos installations.

Floculants et produits anti-mousse de la CHEMISCHE FABRIK STOCKHAUSEN - KREFELD :

PRAESTOL : Toute une gamme de produits floculants imbattables en qualité et en efficacité.

ANTISPUMINE : Produits pour abattre la mousse ou empêcher la formation de celle-ci dans toutes les industries et pour toutes les applications.

Produits de flottation, mouillants et détergents biodégradables.

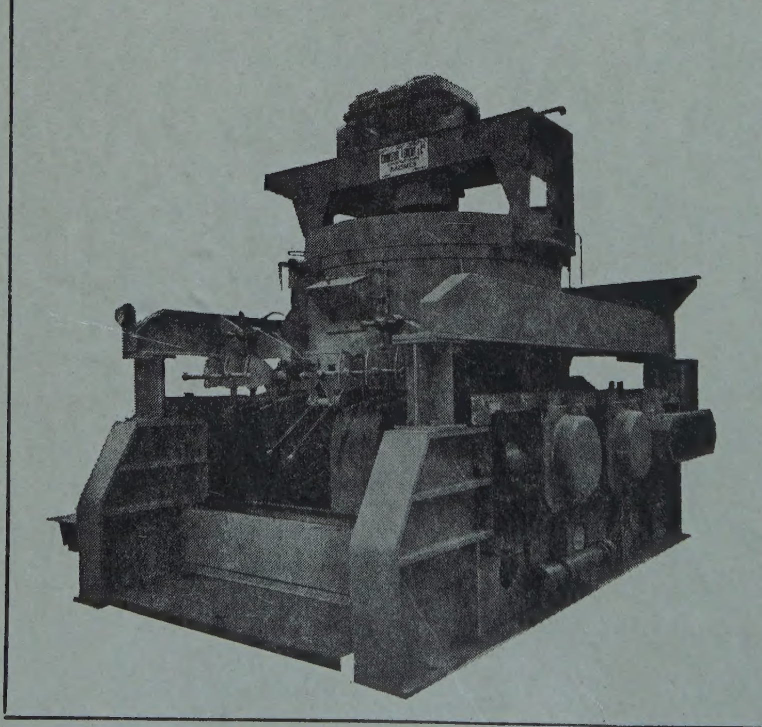
ANCIENS ETABLISSEMENTS

SAHUT - CONREUR & CIE

Maison fondée en 1859

Rue Corbeau F 59 - RAISMES

Tél. : 46-90-44 (45) - Telex : 12 423



Installations complètes :

Usines d'agglomération
Usines de compactage
Usines de granulation

PRESSES A ROUES TANGENTES POUR TOUTES PRODUCTIONS A BASSE, MOYENNE ET HAUTE PRESSION POUR TOUS PRODUITS.

70 années d'expérience

SECHEURS, MELANGEURS, CRIBLES VIBREURS — MANUTENTION — USINAGE DES METAUX PAR ELECTRO-CHIMIE.

Catalogues sur demande.

ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, Bois du Val Benoit, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

MARS 1973 — Mensuel — N° 3 — Maandelijks — MAART 1973

COMITE DE PATRONAGE

MM. H. ANCIAUX, Inspecteur général honoraire des Mines, à Wemmel.
L. BRACONIER, Président-Administrateur-Délégué de la S.A. des Charbonnages de la Grande Bacnure, à Liège.
P. DE GROOTE, Ancien Ministre, à Bruxelles.
M. DE LEENER, Administrateur-Délégué de l'Association des Centrales Industrielles de Belgique, à Bruxelles.
A. DELMER, Secrétaire Général Honoraire du Ministère des Travaux Publics, à Bruxelles.
N. DESSARD, Président d'Honneur de l'Association Charbonnière de la Province de Liège, à Liège.
A. HENSKENS, Président du Conseil d'Administration de la Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique, à Bruxelles.
L. JACQUES, Président de la Fédération de l'Industrie des Carrières, à Bruxelles.
E. LEBLANC, Président d'Honneur de l'Association Charbonnière du Bassin de la Campine, à Bruxelles.
J. LIGNY, Président de l'Association Charbonnière des Bassins de Charleroi et de la Basse-Sambre, à Marcinelle.
A. MEYERS (Baron), Directeur Général Honoraire des Mines, à Bruxelles
G. PAQUOT, Président de l'Association Charbonnière de la Province de Liège, à Liège.
M. PERIER, Président de la Fédération de l'Industrie du Gaz, à Bruxelles.
P. van der REST (Baron), Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges, à Bruxelles.
J. VAN OIRBEEK, Président Honoraire de la Fédération des Usines à Zinc, Plomb, Argent, Cuivre, Nickel et autres Métaux non ferreux, à Bruxelles.
C. VESTERS, Directeur Général Honoraire de la « N.V. Kempense Steenkolenmijnen ». à Houthalen.

BESCHERMEND COMITE

HH. H. ANCIAUX, Ere Inspecteur Generaal der Mijnen, t Wemmel.
L. BRACONIER, Voorzitter-Afgevaardigde-Beheerder va de N.V. « Charbonnages de la Grande Bacnure », t Luik.
P. DE GROOTE, Oud-Minister te Brussel.
M. DE LEENER, Afgevaardigde-Beheerder van de Vereni ging der Electrische Industriële Centrales van België, t Brussel.
A. DELMER, Ere-Secretaris Generaal van het Ministerie va Openbare Werken, te Brussel.
N. DESSARD, Ere-Voorzitter van de Vereniging der Kolen mijnen van de Provincie Luik, te Luik.
A. HENSKENS, Voorzitter van de Bedrijfsfederatie de Voortbrengers en Verdelers van Electriciteit in Belgi te Brussel.
L. JACQUES, Voorzitter van het Verbond der Groeven te Brussel.
E. LEBLANC, Ere-Voorzitter van de Associatie der Kem pische Steenkolenmijnen, te Brussel.
J. LIGNY, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijne van het Bekken van Charleroi en van de Beneden Sam ber, te Marcinelle.
A. MEYERS (Baron), Ere-Directeur Generaal der Mijnen te Brussel.
G. PAQUOT, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmij nen van de Provincie Luik, te Luik.
M. PERIER, Voorzitter van het Verbond der Gasnijverhei te Brussel.
P. van der REST (Baron), Voorzitter van de « Groupemen des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges », te Brussel.
J. VAN OIRBEEK, Ere-Voorzitter van de Federatie de Zink-, Lood-, Zilver-, Koper-, Nikkel- en andere non ferro-Metalenfabrieken, te Brussel.
C. VESTERS, Ere-Directeur Generaal van de N.V. Kem pense Steenkolenmijnen, te Houthalen.

COMITE DIRECTEUR

MM. J. MEDAETS, Directeur Général des Mines, à Bruxelles, Président.
P. LEDENT, Directeur de l'Institut National des Industries Extractives, à Liège, Vice-Président.
P. DELVILLE, Directeur Général de la Société « Evence Coppée et Cie », à Bruxelles.
C. DEMEURE de LESPAUL, Professeur émérite d'Exploitation des Mines à l'Université Catholique de Louvain, à Sirault.
P. GERARD, Directeur Divisionnaire Honoraire des Mines, à Hasselt.
H. LABASSE, Professeur émérite d'Exploitation des Mines à l'Université de Liège, à Liège.
J.M. LAURENT, Directeur Divisionnaire Honoraire des Mines à Jumet.
G. LOGELAIN, Directeur Général Honoraire des mines, à Bruxelles.
P. RENDERS, Directeur à la Société Générale de Belgique, à Bruxelles.

BESTUURSCOMITE

HH. J. MEDAETS, Directeur Generaal der Mijnen, te Brussel, Voorzitter.
P. LEDENT, Directeur van het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven, te Luik, Onder-Voorzitter.
P. DELVILLE, Directeur Generaal van de Vennootschap « Evence Coppée et Cie» te Brussel.
C. DEMEURE de LESPAUL, Emeritus Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Katholieke Universiteit Leuven, te Sirault.
P. GERARD, Ere-Divisiedirecteur der Mijnen, te Hasselt.
H. LABASSE, Emeritus Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Universiteit Luik, te Luik.
J.M. LAURENT, Ere-Divisiedirecteur der Mijnen, te Jumet.
G. LOGELAIN, Ere-Directeur Generaal der Mijnen, te Brussel.
P. RENDERS, Directeur bij de « Société Générale de Belgique », te Brussel.

Vu l'abondance de matière publiée dans le numéro de février 1973 des Annales des Mines de Belgique et notamment, le nombre de tableaux hors texte, il a paru opportun à la rédaction de faire sortir d'abord le numéro de mars.

Le numéro de février sortira de presse dans deux à trois semaines.

Le numéro de mars des « Annales des Mines de Belgique » contient la version française du rapport sur les activités de l'INIEX en 1972. Vu la longueur de ce texte, la version néerlandaise paraîtra dans le numéro d'avril.

De redaktie van de Annalen der Mijnen van België leek het beter het nummer van maart 1973 te laten verschijnen voor het nummer van februari omdat in dit nummer een overvloed aan stof wordt gepubliceerd en vooral omwille van het aantal tabellen dat buiten de tekst verschijnt.

Het februarinummer komt binnen twee tot drie weken van de pers.

Het maartnummer van de « Annalen der Mijnen van België » bevat de Franse versie van het verslag over de werkzaamheden van het NIEB in 1972. Gezien de lengte van deze tekst zal de Nederlandse versie in het aprilnummer verschijnen.

ANNALES DES MINES
DE BELGIQUE

n° 3 — mars 1973

ANNALEN DER MIJNEN
VAN BELGIE

nr. 3 — maart 1973

Direction-Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie-Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, Bois du Val Benoit, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

Sommaire - Inhoud

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES

1050 BRUXELLES • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • 1050 BRUSSEL

Rue Borrens, 35-43 - Borrensstraat — TEL. 48.27.84 - 47.38.52

Dépôt légal : D/1973/0168

Wettelijke depot : D/1973/0168

Institut National des Industries Extractives

Rapport 1972

Direction Générale : P. LEDENT
Adjoint à la Direction Générale : P. STASSEN

A. DIVISION DE LIEGE

Département Mines et Carrières : P. STASSEN
Département Laboratoires : R. NOEL
Département Station d'Essais : G. BURTON

B. DIVISION DE PATURAGES

Directeur ff. de la Division : J. BRACKE
Section Sécurité : J. BRACKE
Section Salubrité : G. NENQUIN

Siège social :
« Bois du Val-Benoît », rue du Chéra
B-4000 LIEGE. Tél. 04/52.71.50.

Division de Pâturages :
rue Grande, 60, B-7260 PATURAGES.
Tél. 065/623.43.

Responsable des Publications : Mme B. GOFFART

COMPOSITION DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

PRESIDENT :

M. J. MEDAETS, Directeur Général des Mines, à Bruxelles

VICE-PRESIDENTS :

MM. L. BRISON, Professeur ordinaire à la Faculté Polytechnique de Mons, à Mons.
L. LYCOPS, Directeur Général de la N.V. Kempense Steenkolenmijnen, à Houthalen

SECRETAIRE :

M. A. TONDEUR, Inspecteur Général des Mines, à Bruxelles.

MEMBRES :

MM. J. BAEYENS, Secrétaire de la Centrale Régionale des Mineurs du Limbourg, à Zonhoven
J. BAUDRY, Administrateur-Délégué Directeur Général de la S.A. des Charbonnages d'Hensies-Pommerœul, à Hensies.
L. CHARLIER, Délégué de la Centrale Syndicale des Travailleurs des Mines de Belgique, à Liège.
I. DEHING, Directeur Divisionnaire des Mines, à Bruxelles. †
W. DEKEYSER, Professeur Ordinaire à l'Université de Gand, à Gand.
H. DELREE, Directeur Divisionnaire des Mines, à Liège.
P. EVRARD, Professeur à l'Université de Liège, à Liège.
A. FRANÇOIS, Directeur Général de la S.A. des Carrières et Fours à Chaux d'Aisemont, à Aisemont.
L. MASSART, Recteur du Centre Universitaire de l'Etat, à Anvers.
J. OOMS, Secrétaire Provincial pour le Limbourg de la Centrale des Francs Mineurs, à Hasselt.
E. OVERTUS, Secrétaire national du Syndicat des Employés, Techniciens et Cadres de Belgique, à Bruxelles.
R. PAQUET, Directeur Général de la Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique, à Bruxelles.
G. PEIRS, Directeur du Groupement National de l'Industrie de la Terre Cuite, à Bruxelles.
J. ROEGIERS, Directeur-Gérant de la S.A. P.R.B., à Bruxelles.
G. SOUILLARD, Directeur Général de Labofina, à Bruxelles.
E. VANDENDRIESSCHE, Secrétaire Général de la Centrale des Francs Mineurs, à Bruxelles.
L. VAN MALDEREN, Directeur Divisionnaire des Mines, à Hasselt.

COMMISSAIRE DU GOUVERNEMENT :

M. L. PERWEZ, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, à Embourg

DELEGUE DU MINISTRE DES FINANCES :

M. M. VALENTIN, Inspecteur Général des Finances, à Bruxelles.

Introduction

L'orientation des activités de l'Institut National des Industries Extractives au cours de l'année 1972 n'a pas subi de modification majeure.

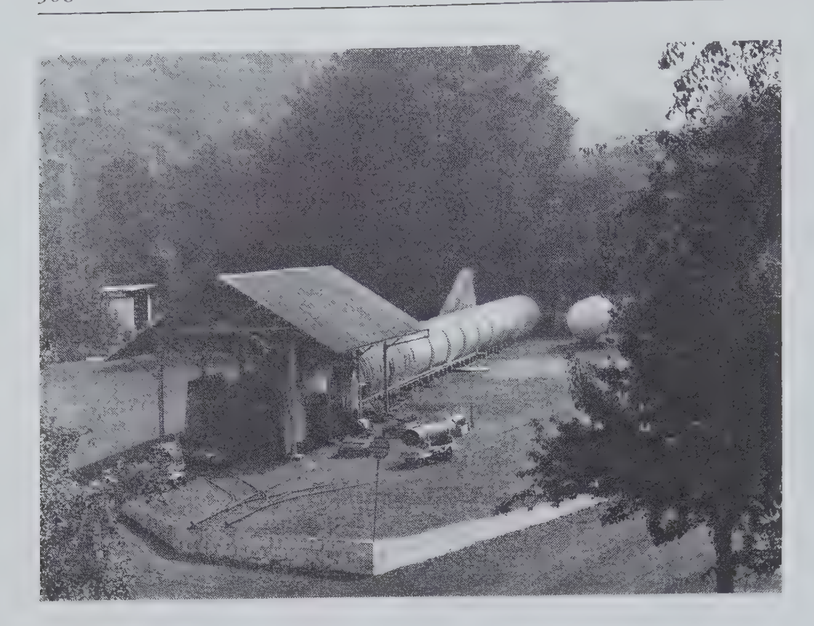
Dans le domaine charbonnier, les études restent centrées sur les techniques qui visent à renforcer la sécurité et à augmenter le rendement.

Les recherches en cours portent en particulier :

— sur l'accélération du creusement des voies par l'utilisation de nouvelles machines et de nouvelles techniques de soutènement;
— sur la prédétermination et le contrôle du dégagement de grisou, indispensables à la concentration de la production;
— sur la mise au point de systèmes de télécommande et de télécommunications souterraines, qui constituent un élément essentiel du progrès dans des chantiers très mécanisés où travaillent des équipes réduites et où le problème de la transmission des informations acquiert une importance toute particulière.



Station d'essais de la Division de Liège.



Galerie d'essais des explosifs de la Division de Pâturages.

Comme les années précédentes, ces recherches ont bénéficié de l'appui financier de la Commission des Communautés Européennes, à laquelle nous exprimons notre gratitude.

* * *

Dans le domaine des activités de reconversion, on peut souligner l'intensification des recherches dans quatre directions principales :

— la sécurité vis-à-vis des risques d'incendie et d'explosion
— les problèmes d'environnement et de contrôle de la pollution atmosphérique
— l'exploitation des carrières et la valorisation de leurs produits
— le développement de la technologie des polymères.

La Section « Electricité » d'INIEX-Pâturages a développé ses activités d'épreuve et d'agréation des appareillages électriques destinés à fonctionner en présence de gaz, de liquides ou de poussières organiques inflammables.

La section « Explosifs » poursuit ses recherches sur les arrêts-barrages déclenchés et la section « Feux » ses activités d'agréation et de contrôle des courroies transporteuses, des huiles difficilement inflammables et des caractéristiques diélectriques des extincteurs.

L'activité des services de contrôle de la pollution atmosphérique s'est développée sur la base d'une coopération permanente entre les laboratoires de Liège et de Pâturages. Plus de 200 stations de mesure des retombées des poussières et des polluants atmosphériques ont été contrôlées de façon continue et les laboratoires ont assuré le service hebdomadaire de 36 stations « Soufre-Fumées » du réseau national établi à l'initiative du Ministère de la Santé Publique.

Par ailleurs, de nouveaux progrès ont été accomplis dans la mise au point des techniques utilisées pour la détection et le dosage des hydrocarbures et pour l'identification du 3-4 benzopyrène.

L'extension des mesures de vibration du sol lors des tirs en masse, dans les carrières, s'inscrit dans le cadre des études qui visent à concilier les progrès technologiques et la protection de l'environnement.

Les contacts entre les techniciens des carrières et les chercheurs de l'INIEX se sont multipliés tant dans le domaine de l'exploitation que dans celui de la valorisation des produits et le succès de la journée d'étude, organisée par l'INIEX au mois de décembre 1972, témoigne de l'intérêt de ces nouvelles formes de collaboration.

L'année 1972 a vu se resserrer la coopération entre la section « Polymères » d'INIEX et la section « Matières Plastiques » du CRIF.

Les résultats de leurs travaux et leurs programmes de recherches ont été exposés lors d'une journée d'information organisée en commun en novembre 1972, à laquelle se trouvaient réunis plus de 120 participants représentant l'industrie, les centres de recherches et les universités.

Les exposés présentés par les chercheurs d'INIEX ont souligné les possibilités d'interaction entre l'industrie des polymères et les industries extractives dans le domaine des charges minérales pour matières plastiques et dans le domaine de l'utilisation des bétons résineux.

Les participants ont également pu apprécier le développement de nos laboratoires et, en particulier, des appareillages destinés au contrôle de la réaction au feu des matériaux à base de polymères.

Division de Liège

1. SECTION « MINES ET CARRIERES »

11. CHANTIERS D'EXPLOITATION

111. Extrémités de taille

Peu d'éléments nouveaux sont intervenus dans ce domaine. On assiste surtout à une affirmation des tendances déjà reconnues.

Dans les chantiers avec voies bosseyées en arrière de la taille, seule la machine à niche « H.Z. I » du siège Zolder est encore utilisée pour découper la niche de pied. En tête de taille, le même siège a introduit la haveuse à tambour EW 170L à bras allongé, de la firme Eickhoff, pour découper la niche et la voie. Le procédé inspiré du « système F.I.D.D. » britannique s'avère très intéressant, surtout si l'on peut placer le soutènement définitif à front (*).

Citons enfin une extension possible des tailles rabattantes grâce au boulonnage des voies ; ceci permettrait de réduire fortement les niches.

---

* Le texte du rapport de l'INIEX pour 1971, en pages 9 et 10, pourrait prêter à confusion. Il s'agissait déjà alors de la machine Eickhoff. Il faudrait donner aux figures les légendes suivantes :

Fig. 1 : Abatteuse-chargeuse à bras prolongé Eickhoff pour le découpage mécanique des niches et des voies, au siège Zolder.

Fig. 2 : Vues en plan et en coupe du chantier où cette machine est en service.

112. Soutènement mécanisé des tailles

Le soutènement mécanisé est un atout important pour la productivité dans les mines. Les efforts sont poursuivis tant pour améliorer l'efficacité dans les chantiers équipés que pour l'étendre à un pourcentage toujours plus grand des chantiers.

Dans ce domaine, on a fait un progrès considérable dans les tailles à toit très fragile, voire même ébouleux, où l'avancement a été nettement favorisé par l'utilisation de treillis entre toit et bêles du soutènement mécanisé.

Le bassin de Campine obtient environ 60 % de sa production à partir de 25 à 30 tailles équipées de soutènement mécanisé. Un siège obtient déjà 80 % de sa production. En moyenne, 2/3 de ces tailles sont équipées de piles, le reste de cadres.

Dans les bassins du Sud, 25 éléments à cadres sont à l'essai au charbonnage d'Hensies-Pommerœul et une taille à piles fonctionne au charbonnage de Monceau-Fontaine où, au préalable, INIEX avait effectué des essais de résistance des épontes. Après diverses réunions et différentes visites de mines, le charbonnage du Roton a obtenu les crédits pour l'achat d'un équipement de taille en

soutènement à cadres et 30 éléments sont installés en vue d'essais.

L'essai de télécommande du soutènement mécanisé à cadres financé par la CCE a été clôturé en juillet. On peut en tirer les enseignements suivants :

1121. Commande en séquence Westfalia-Lünen (fig. 1)

La commande par blocs PAS 61 peut fonctionner sous certaines conditions, imposées par le piston-pilote et les faibles encombrements :

1°) Le circuit hydraulique doit être rigoureusement propre.

2°) Durant les opérations, la pression de travail doit rester supérieure à 180 kg/cm². Pour fixer les idées, la commande manuelle agit à partir de 120 kg/cm².

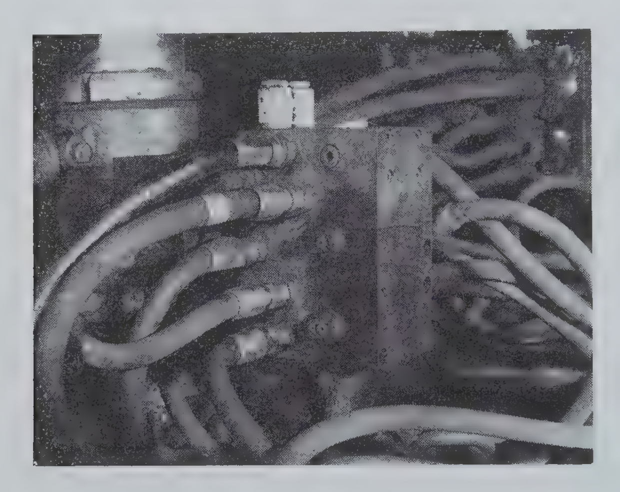


Fig. 1. — Vue du bloc PAS 61 en taille, montrant les deux boutons de la commande manuelle. Au-dessus des deux boutons, sortie de l'étrangleur-filtre. Les soupapes de surcharge saillent (en blanc).

Il faut donc disposer d'un groupe moto-pompe puissant et travailler très proprement, en disposant notamment de nombreux points de filtrage.

Cependant, le contrôle du ripage n'est pas garanti. Le délai accordé par le dispositif programmé pour commander le recalage des étançons est limité à 15 s. Au-delà, que le ripage soit achevé ou non, les étançons se recalent.

1122. Commande en séquence Doedijns

Les essais ont eu lieu sur un second bloc en fonte (fig. 2).

Les distributeurs choisis en raison de leur prix, de leur encombrement et des possibilités de standardisation, qui travaillent parfaitement, en présence d'huile ou d'émulsion d'eau dans l'huile, ont présenté des fuites internes exorbitantes en présence d'émulsion du fond (à 6 % d'huile), au point

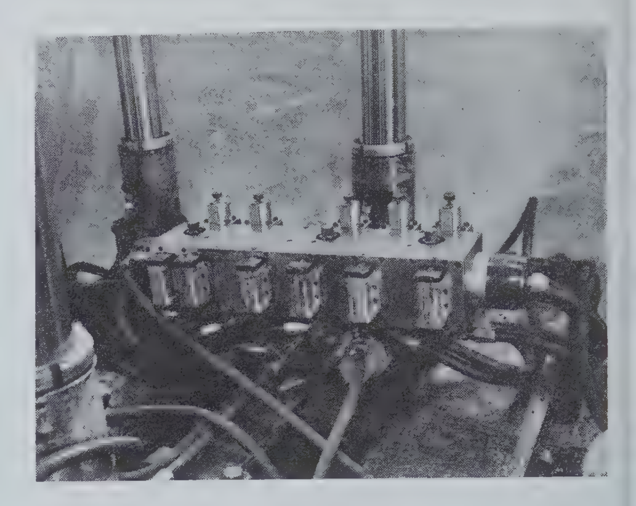


Fig. 2. — Vue du bloc de commande Doedijns, côté vannes pneumatiques.

On distingue :
— les arrivées et départs flexibles, sur la face inférieure,
— les 3 soupages de surcharge, sur la face supérieure,
— les 5 distributeurs hydrauliques, avec leurs boutons-poussoirs, en face des vannes pneumatiques,
— les mano-contacts, aux extrémités gauche et droite.

de perturber l'ordre et l'exécution des fonctions

Nous n'avons pu trouver des distributeurs satisfaisants, à moins d'un prix élevé et d'un bouleversement complet du bloc. Cet investissement supplémentaire ne peut être envisagé, parce que la semi-automatisation ne peut actuellement le compenser par un gain suffisant.

Cependant, la commande Doedijns comporte plusieurs éléments dignes d'être retenus, notamment :

— Remplacement de nombreuses liaisons flexibles par les alésages d'un bloc métallique compact.
— Remplacement aisé et sélectif des éléments défectueux, comme dans les systèmes électroniques brochables.
— Commande simultanée du décalage des étançons et du ripage pour accélérer les opérations.

1123. Conclusions

Actuellement, la commande en séquence, à partir du matériel utilisé et des conditions de gisement rencontrées, n'est pas payante. Elle n'amène aucune réduction du personnel en taille. En bref, elle demande quelque 12.000 F supplémentaires par mètre de taille. Elle ne procure au personnel aucun renforcement de la sécurité par rapport à la commande manuelle à partir de l'élément voisin.

Mais les essais se justifient : par l'augmentation de confort que procure l'automatisation, surtout en faible ouverture ; par le fait qu'on rend automatiques des opérations tributaires jusqu'à présent d'un personnel qualifié de plus en plus rare ; enfin, par l'excellente gestion du toit de taille, grâce à l'imposition d'une charge de pose correcte, contrôlée à chaque ripage.

12. GALERIES ET PUITS

121. Galeries en roches

1211. Bouveaux circulaires avec revêtement en panneaux de béton armé

Cette technique continue à se développer dans le bassin de Campine. Elle intéresse actuellement tous les sièges du bassin et plus de 18 machines sont en service.

Pour l'année 1973, on envisage de creuser 8500 m par cette technique. Le Bulletin Technique « Mines et Carrières » n° 136 donne les grandes lignes de l'organisation d'un tel chantier au siège Zolder. On y réalise couramment un avancement de 4 m/jour en 3 postes avec un personnel de 4 hommes/poste. Le prix au mètre d'un tel bouveau est de 21.800 FB. La comparaison des coûts avec un bouveau à claveaux donne un bénéfice de 7700 FB/m en faveur des panneaux. Des perfectionnements récents ont même porté cet avantage à plus de 10.000 FB.

En vue d'améliorer encore la vitesse d'avancement, une étude approfondie des diverses phases du travail a montré que le chargement des déblais occupait actuellement le tiers du temps utile de travail d'un cycle et que c'était donc sur cette phase qu'il fallait porter ses efforts.

C'est pourquoi la chargeuse à godet sera remplacée prochainement par une chargeuse à pinces de homard ayant une capacité de chargement de 90 m³/h. Les déblais seront déversés sur un convoyeur à courroie de 200 m de longueur, suspendu à deux monorails. Cette longueur permet de glisser sous le convoyeur un nombre de berlines suffisant pour charger en continu les produits d'une passe de 2 m.

Pour éviter de soumettre les chenilles de la chargeuse à des efforts de flexion exagérés si celles-ci devaient se déplacer sur la surface circulaire du radier, un plancher horizontal sera installé à front à mesure de l'avancement. On a d'abord essayé un plancher métallique, mais il a été décidé de le remplacer par un segment en béton prenant appui sur les panneaux du radier. Ce segment sera mis en place par la machine de pose des panneaux.

Les pinces de homard ont dû être modifiées pour permettre le chargement complet sur toute la largeur du bouveau.

On envisage également la suppression du raillage à front. A cet effet, l'érecteur de panneaux sera fixé sur le bâti de la chargeuse à pinces de homard. Les panneaux seront transportés à front par un troisième monorail, ainsi que les berlines de graviers nécessaires au remplissage des vides entre le terrain et les panneaux (il faut environ 1,5 m³ de gravier par mètre de bouveau).

Actuellement, les graviers sont parfois remplacés par un agrégat léger, appelé « Dilex », de granulométrie 5/10 et dont la densité est de 700 kg/m³. A 50 m en arrière des fronts, on parachève le remplissage en injectant du ciment et des cendres au moyen d'une pompe Putzmeister. Il faut aussi 1,5 m³/m de bouveau.

Grâce aux améliorations énoncées ci-dessus, dont plusieurs ont déjà été testées au cours de l'année 1972, on espère réaliser un avancement de 6 m/jour.

Recarrage des bouveaux

Dans les travaux de recarrage des bouveaux de Campine, l'introduction des panneaux a permis de réaliser une économie encore plus grande que dans les creusements en ferme : le coût moyen d'un recarrage en panneaux est de 16.700 FB/m, contre 31.000 FB/m avec claveaux.

Fabrication des panneaux

Les panneaux utilisés sont fabriqués aux sièges Beringen et Zolder. Ces deux usines réalisent la confection des armatures et le bétonnage des éléments suivant deux procédés entièrement différents, mais avec un prix de revient semblable.

De nouveaux essais ont été effectués pour comparer la résistance d'anneaux formés de panneaux provenant de ces deux usines et pour comparer le comportement d'anneaux pourvus d'intercalaires en bois comprimé de 17 et de 34 mm d'épaisseur.

Le tableau I donne les valeurs moyennes obtenues au cours de ces divers essais.

Ce tableau montre que, dans les conditions où les essais ont été effectués, en laboratoire (charge sur un quart du périmètre), la résistance est plus grande :

1) avec des intercalaires compressibles peu épais;
2) avec des étriers enroulés autour des barres longitudinales qu'avec des étriers constitués de barrettes soudées aux barres longitudinales;
3) avec des panneaux trempés durant quelques jours dans de l'eau tiède immédiatement après fabrication.

Tableau I

Résultats des divers essais d'anneaux en panneaux

	Panneaux Zolder Epaisseur intercalaires		Panneaux Beringen étriers		Panneaux Zolder trempés dans l'eau intercalaires 34 mm
	17 mm	34 mm	enroulés	soudés	
Première fissure de traction à l'extrados, en t	137	100	40	83	80
Première fiss. de compression à l'intrados, en t	>355	260	280	300	316
Rupture en t	>405	361	480	342	353
Nombre de fissures à l'intrados	11	13	9	8,5	14,5
à l'extrados	6	8	5	8,5	10,5

Une nouvelle série d'essais va être effectuée prochainement sur des panneaux avec armatures renforcées. On espère ainsi maintenir le principe des étriers soudés qui facilitent fortement la mécanisation de la fabrication et atteindre quand même la résistance des panneaux avec étriers enroulés.

Des essais effectués avec des barres torsadées en lieu et place des barres lisses n'ont pas donné les résultats escomptés.

On a aussi essayé d'améliorer la résistance des panneaux en incorporant dans le béton des « fibres métalliques » en acier de 0,15 à 0,50 mm de diamètre et de 20 à 35 mm de longueur. Ce procédé a été mis au point récemment aux Etats-Unis et repris en Belgique par les sociétés Bekaert et Cockerill.

En introduisant de telles fibres dans un bloc de mortier dans la proportion de 2 à 4 % en volume, on a augmenté :

— la résistance à la compression de 30 %,
— la résistance à la traction de 350 %,
— la résistance à la flexion de 200 %.

D'après des essais effectués ensuite sur des cylindres de béton constitués d'agrégats d'un diamètre maximum, respectivement de 45 mm et de 22 mm et renforcés par des fibres métalliques, on n'a pas obtenu d'amélioration appréciable de la résistance du béton.

D'autres essais ont aussi été exécutés en vue d'étudier, d'une part, de nouvelles tubulures noyées dans le béton pour la manutention des panneaux et, d'autre part, pour mettre au point de nouveaux pivots de manutention offrant une sécurité accrue.

1212. **Bouveaux avec revêtement en cadres métalliques**

Entretien des bouveaux

Le siège n° 19 des charbonnages de Monceau-Fontaine exploite à 1350 m de profondeur deux couches entourées de bancs constitués de roches extrêmement tendres et fluantes. L'entretien des bouveaux cause beaucoup de problèmes aux exploitants.

Dans ces bouveaux creusés il y a moins de 3 ans, on estime le soufflage à 20 cm par mois, ce qui, depuis le creusement, donne une hauteur totale de rabassenage qui dépasse 5 m. Ces travaux d'entretien prennent une telle ampleur qu'une recherche en vue de diminuer ces frais d'entretien s'imposait.

Les cinq procédés suivants ont été envisagés successivement par INIEX pour essayer de réduire les frais d'entretien dans les galeries au rocher :

a) Gunitage et injection des parois; les essais effectués jusqu'à présent n'ont pas donné satisfaction.

b) Brochage du mur au moyen de boulons en bois; on a constaté un certain ralentissement du soufflage au cours des premiers mois, mais on a observé par après une montée brusque et rapide du mur.

c) Garnissage des cadres au moyen d'un coussin continu d'anhydrite ou de béton : on creuse un hors-profil de 20 à 30 cm d'épaisseur sur tout le pourtour des cadres. On place ensuite un grillage contre l'extrados des cadres et on remplit ce vide en forme de fer à cheval au

moyen d'anhydrite ou de béton projeté par une pompe spéciale. Ce mode de garnissage a pour avantage de bien répartir la pression sur tout le cadre et aussi de supprimer tout vide entre le soutènement et le terrain. On évite ainsi la déconsolidation du terrain par fluage. Suite à plusieurs visites effectuées en Belgique et en Allemagne, nous avons choisi une pompe Mixokret de la firme Putzmeister.

Cet essai est en cours actuellement et plus de 30 m d'un bouveau ont été garnis d'abord d'anhydrite naturelle, puis, vu le prix élevé de ce produit, de béton.

Les terrains entourant cette galerie étaient tellement tendres dans les 20 premiers mètres que le hors-profil souhaité atteignait par endroits 70 à 80 cm. Actuellement, le hors-profil a l'épaisseur désirée.

Jusqu'à présent, le tronçon ainsi traité où le terrain et le soutènement ne font qu'un, n'a subi aucune déformation. Son comportement diffère totalement des tronçons précédents.

d) Injection de résine en profondeur sur le pourtour de la galerie : le but de cet essai est de créer autour du bouveau, creusé en terrain tendre, un cylindre résistant. Au début cependant, seul le mur sera injecté car c'est la lutte contre le soufflage qui coûte le plus cher au siège. Le mur sera de plus renforcé par des boulons en bois. Pour éviter le fluage des parois, on placera également en pied des boulons métalliques pleins et creux (avec injection de mortier et de résine).

e) Revêtement circulaire en panneaux de béton armé : suite au succès de ce mode de soutènement en Campine, tant au point de vue résistance aux pressions de terrains qu'au point de vue vitesse d'avancement, INIEX a pris en location une machine de pose pour effectuer d'abord le recarrage d'un bouveau, puis le creusement d'un bouveau en ferme (ces deux tronçons sont situés en terrains non détendus, tandis que les essais précédents ont lieu dans des tronçons situés en terrains détendus par des exploitations antérieures). Ces essais sont prévus au début de 1973.

1213. **Creusement mécanisé des tunnels**

Le creusement entièrement mécanisé des galeries au rocher a fait d'énormes progrès au cours de ces deux dernières années, tant dans les mines que dans les travaux du génie civil.

Grâce à la puissance mise en jeu, aux fortes poussées exercées sur la tête de forage, ainsi qu'à la fabrication d'outils de coupe robustes, bien adaptés à la dureté des roches, il est maintenant possible de forer mécaniquement, en une passe, des galeries de 6 m de diamètre, même dans les formations les plus dures, tels les granites et les gneiss.

Au cours de cette année, nous avons eu l'occasion de visiter plusieurs chantiers équipés des tunneliers suivants : Wirth, Robbins, Ingersoll-Rand, Greenside-Mac-Alpine et Atlas Copco. Les avancements mensuels sont 2 et 3 fois supérieurs à ceux obtenus jusqu'à présent avec les méthodes conventionnelles de forage et de tir. C'est ainsi par exemple que la machine Robbins, en service au charbonnage Minister Stein, en Ruhr, continue à donner entière satisfaction et a permis de creuser plus de 4000 m de bouveaux au diamètre de 4,80 m avec un avancement moyen de 16 m/jour.

Le nouvel étage de la mine, qui nécessite pour sa mise en activité le creusement de près de 10 km de galeries au rocher, pourra être opérationnel au moins 5 ans plus tôt. Ce sont là des performances que l'on n'aurait encore jamais espérées quelques années auparavant.

Au tunnel de l'Echaillon, dans la vallée de l'Are, dans les Alpes Françaises, une machine Wirth a coupé plus de 800 m dans un gneiss très dur au diamètre de 6 m, avec un avancement de 6 à 8 m/jour. En fin d'année, elle coupait 420 à 450 m par mois dans des roches de dureté moyenne, ce qui représente un avancement journalier de plus de 20 m.

Au siège Consolidation, dans le bassin de la Ruhr encore, une machine Wirth a creusé un bouveau de 5,30 m de diamètre, mais en deux stades. La machine comportait deux éléments de coupe dont l'un de 3 m de diamètre creusait un tunnel pilote et l'autre, situé 25 m en arrière du premier, alésait au diamètre final de 5,30 m. Le bouveau de 1600 m de longueur a été creusé en dix mois.

Ce procédé de creusement en deux stades ne paraît pas intéressant si on ne peut creuser l'entièreté du tunnel pilote avant de commencer l'alésage. En effet, l'accès au front est extrêmement pénible et ne peut se faire que par l'intérieur de l'arbre de forage, ce qui limite les possibilités d'entretien et de soutènement dans l'intervalle.

Le procédé du tunnel pilote est cependant intéressant dans un tunnel routier par exemple, où la foreuse pilote peut faire un premier trou et percer de part en part. Cette technique a été employée avec grand succès au tunnel routier de Lucerne. Un trou pilote a été foré au diamètre de 3 m,

puis on a alésé avec 2 machines en tandem, respectivement aux diamètres de 7,70 m et de 10,50 m. Dans ce cas, on avait un accès aisé aux machines par les deux extrémités du tunnel.

La technique de creusement n'est pas seulement au point pour les galeries horizontales, mais aussi pour les puits verticaux et pour les puits inclinés à 35°. Le puits incliné de la nouvelle centrale de pompage de Wehr creusé avec une machine Wirth, constitue une réussite qui entre bien dans la ligne de la première réalisation mondiale en ce domaine établie à l'usine hydroélectrique de Châtelard. Là aussi, on a creusé avec le même matériel un puits incliné à 33°, de 1250 m de longueur dans du granite dur.

De ces visites, nous pouvons conclure qu'il existe actuellement des tunneliers bien au point, capables de creuser rapidement dans le bassin de Campine des bouveaux de grande longueur, telles des liaisons entre sièges. Les avancements pourraient aisément être de l'ordre de 12 m/jour, avec pose simultanée d'un soutènement constitué de panneaux en béton armé, par exemple.

122. Galeries en veine

1221. Creusement conventionnel

Au siège Beringen, on creuse actuellement en moyenne 265 m par mois de traçages en ferme en vue d'exploitations rabattantes dont 104 m sont boulonnés et 161 m sont revêtus de cadres en vieux rails cintrés en ogive et placés sur montants en bois. Le rendement moyen au creusement dans les voies boulonnées est de 31 cm/Hp et dans les voies cadrés de 25 cm/Hp.

Essais de boulons en laboratoire

Afin de ne pas être gêné lors d'un rabassenage éventuel par la présence de boulons métalliques dans le mur, plusieurs essais ont été entrepris dans les pays voisins avec des boulons en bois et en résine.

Des essais ont été effectués en laboratoire en vue de connaître les caractéristiques de ces boulons. La résistance à la traction des boulons en résine polyester armée de fibres de verre égale ou dépasse même la résistance à la traction des tiges métalliques de même diamètre, mais par contre, leur résistance au cisaillement est inférieure.

Mécanisation dans la pose des boulons

L'emploi du boulonnage pour le revêtement des traçages est fortement freiné par la lenteur de la pose des boulons.

Une visite effectuée aux mines de fer du Bassin de Lorraine a permis de voir en service des jumbos de boulonnage Secoma avec ou sans tourelles. Les tourelles permettent à un seul opérateur de forer le trou, de placer les cartouches de résine, d'introduire et de serrer le boulon en 2,5 à 3 min environ. Dans la mine de Saizerais, par contre, on utilise une glissière normale de forage, ce qui nécessite la présence de deux hommes. Ceux-ci réalisent une opération complète en 1 minute 40 secondes. Il semble que cette deuxième solution soit la plus intéressante pour la Campine, car elle permet de mieux utiliser le personnel présent au chantier.

La firme britannique Torque Tension vient de mettre au point le prototype d'un bras de boulonnage avec une perforatrice rotative capable de forer, en une fois, un trou vertical au toit de 2,40 m de longueur dans une voie de 2,80 m de hauteur (fig. 3).

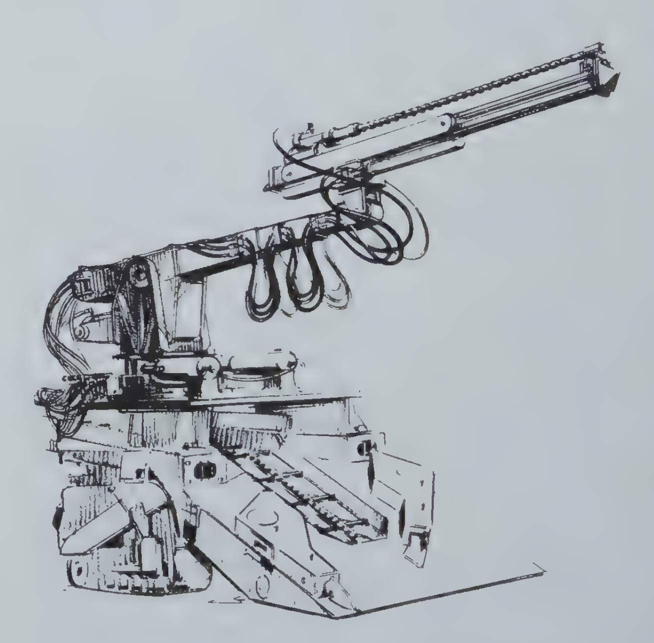


Fig. 3. — Bras de boulonnage Torque Tension avec perforatrice rotative, monté sur une chargeuse à pinces de homard.

INIEX a pris en location un tel bras qui a été placé par le siège Beringen sur une chargeuse à pinces de homard.

Cet engin donne satisfaction en terrains tendres, mais doit encore être amélioré pour traverser des terrains moyennement durs ; les valves et la pompe de commande doivent être remplacées pour pouvoir exercer une poussée suffisante tout en continuant à exercer un couple de rotation suffisant.

En terrains tendres, il a été possible de forer et de poser un boulon en 3,5 min au lieu de 7 min avec

un marteau perforateur sur stoper. De plus, cet engin a aussi foré un trou de mine horizontal de 2,45 m de longueur et de 42 mm de diamètre en 50 s au lieu de 170 s avec les marteaux perforateurs habituels.

Un bras complet de ce type coûte 540.000 FB au lieu de 1.200.000 FB pour un bras de boulonnage Secoma.

1222. **Creusement mécanisé de traçages**

Au cours de l'année 1972, trois machines de creusement à attaque ponctuelle ont été en service dans le bassin de Campine : deux Dosco au siège Beringen et une PK 9 au siège Winterslag.

a) *Machines de creusement Dosco*

La première machine Dosco mise en service en août 1971 creuse actuellement son quatrième traçage. Elle a creusé jusqu'à présent un traçage de 200 m dans la couche 63-64 (ouverture 1,70 m), un plan incliné de 400 m dans la couche 55 (ouverture 1,50 m), un traçage de 400 m dans la couche 61-62 (ouverture 2,90 m), et un nouveau traçage dans cette dernière couche 61-62. La deuxième Dosco a été mise en service au mois d'octobre 1972 dans un autre traçage de cette même couche 61-62.

Tous ces traçages ont, comme dans les creusements conventionnels, soit la forme ogivale, soit la forme rectangulaire. Dans ce cas, le toit et les parements sont boulonnés et le revêtement est complété par un soutènement portant constitué de cadres en bois. La hauteur de voies est alors de 2,90 m et leur largeur varie de 4,50 m à 5 m. Quand les conditions le permettent, on préfère garder le toit intact car les jonctions « tailles-voies » sont plus simples et les installations plus faciles à riper.

Dans le premier essai, on a voulu, d'une part, vérifier les limites de coupe de la machine dans des bancs relativement durs et, d'autre part, mettre au point un système efficace de lutte contre les poussières.

La résistance à la compression des roches coupées au cours de cet essai a varié entre 420 et 900 kg/cm² (la teneur en quartz pouvant atteindre exceptionnellement 75 %). Dans ces conditions, la consommation de pics s'est élevée à 1,8 pic par mètre, ce qui est faible.

Par contre, localement, un banc de grès de 10 cm d'épaisseur seulement mais dont la résistance à la compression était de 1200 à 1500 kg/cm², s'est présenté en couronne et n'a pu être abattu économiquement. L'usure prohibitive des pics (15 pics/m) a conduit rapidement à descendre légèrement dans le mur pour maintenir ce banc en dehors de la section de coupe.

La lutte contre les poussières a pu être menée efficacement par l'utilisation de dépoussiéreurs Joy du type « microdyne », équipés d'un double réseau de pulvérisateurs et de tamis ainsi que d'un écran de laine de verre.

Le deuxième chantier a mis en évidence les possibilités d'utilisation de la machine dans des galeries descendantes. La pente moyenne de la voie fut de 11° avec un maximum de 15°. Cet essai a conduit à renforcer les pivots d'entraînement des chenilles.

Les transferts de la machine, y compris le transport dans un burquin, ont été exécutés avec un personnel réduit dans des délais très raisonnables. L'ensemble des opérations a demandé deux semaines. Le démontage a nécessité 20 hommes et le remontage 28 hommes.

Les deux derniers chantiers ont permis de parfaire l'organisation du travail à front des traçages, ce qui a donné des avancements journaliers supérieurs à 10 m avec un maximum de 15,60 m dans une section voisine de 17 m².

Des avancements mensuels de 225 m ont été obtenus dans des traçages en couche 61-62 et, dans ces conditions, la machine est amortie en moins de un an. Le rendement dans ces voies fut de 81 cm/Hp.

Ces résultats extrêmement intéressants montrent que la mécanisation du creusement des traçages a conduit à tripler et même exceptionnellement à quintupler les avancements journaliers atteints par les méthodes conventionnelles. On peut donc maintenant envisager avec confiance le creusement rapide de traçages en vue d'exploitations rabattantes. Ces considérations ont incité le siège Beringen à commander une troisième machine Dosco et celle-ci sera vraisemblablement livrée au début de l'année 1973.

b) *Machine de traçage russe du type « PK 9 »*

Une machine de ce type a été mise en service au siège Winterslag le 28 juin 1972. Elle creuse actuellement des traçages dans la couche 70 (ouverture 1,30 m) en vue d'un essai d'exploitation rabattante.

La machine (fig. 4) a d'abord creusé une galerie inclinée en couche de 400 m de longueur suivant la plus grande pente qui était de l'ordre de 9 à 10°. Le soutènement était constitué de cadres Toussaint Heintzmann du type L.M. (c'est-à-dire de 4,20 m de largeur à la base). Lorsque le personnel a été

convenablement initié au fonctionnement de la machine, l'avancement a été de 3 m par poste avec un personnel de 4 hommes.



Fig. 4. — Machine de traçage russe du type PK 9 en service au siège Zolder.

Au bas de l'incliné, l'avancement a été freiné par des venues d'eau de l'ordre de 2 à 3 m^3/heure en provenance d'anciens travaux sus-jacents. Cette eau transformait le charbon abattu en schlamm difficile à évacuer avec les pinces de homard.

Les épontes de cette couche renferment de très nombreux lits minces de grès très abrasifs, ce qui entraîne une consommation importante de pics. Celle-ci a atteint le taux élevé de 8 à 10 par mètre. Les bancs du toit sont spécialement durs et il a fallu rapidement abandonner tout creusement dans le toit. Les bancs du mur sont plus tendres, mais renferment par contre des nodules de sidérose disposés sous forme de bancs qui peuvent avoir localement 10 cm d'épaisseur.

Après la voie inclinée, la machine a entrepris le creusement de la voie de pied de la future taille. Dans cette voie, le toit n'est pas entamé ; il est boulonné, mais il est aussi renforcé par un soutènement porteur constitué de cadres métalliques trapézoïdaux.

Dans cette voie, l'avancement de la machine a été fortement freiné par un soufflage important du mur. Celui-ci se faisait sentir jusque près des fronts, obligeant les ouvriers à arrêter le creusement pour remettre la machine de niveau. Ces circonstances ont réduit l'avancement à 5 m/jour. Le soufflage semble dû au fait que la voie de pied est située à l'aplomb de la culée latérale d'une ancienne exploitation située 50 m plus haut.

Suite aux faibles avancements et aux frais d'entretien élevés, il a été décidé d'arrêter le creusement de cette voie et d'entamer le creusement de la voie de tête. A la fin de l'année 1972, 30 mètres avaient été creusés dans cette voie. Celle-ci est située sous la zone exploitée dans la couche supérieure et le phénomène de soufflage n'y est pas encore apparu. Si ces conditions se maintiennent, on reverra la position de la voie de base pour la placer à l'aplomb d'une zone détendue.

c) *Visites dans des chantiers équipés d'autres machines de traçage*

Au cours de cette année, plusieurs visites ont été organisées en vue de voir de nouveaux types de machines ou pour étudier les améliorations apportées dans l'organisation générale de chantiers équipés de tels engins.

Dans les Houillères de Provence, nous avons pu voir le mineur continu Lee Norse CM 48 H creusant en moyenne 11 m/poste avec un rendement de 148 cm/Hp. Cet avancement record était réalisé malgré une évacuation discontinue des déblais par un unique camion-navette. Les ingénieurs de la Société espèrent atteindre prochainement 100 m/jour en évacuant les déblais par deux tracto-chargeurs Wagner.

A la mine Pattberg, nous avons vu en service le prototype AM 50 de la Société autrichienne Alpine. Cette machine, plus puissante que les Alpine F 6 fort répandues dans les exploitations en couches puissantes, ne paraît pas suffisamment robuste pour abattre des roches moyennement dures.

A la mine Victor-Ickern, nous avons visité un traçage creusé avec une machine Demag VS2E. Cette machine, qui coûte 10 millions de francs, a permis de réaliser un avancement maximum de 14 m/jour.

A la mine Werne, nous avons vu la machine à niche Eickhoff creusant un traçage entièrement en charbon de 7,50 m de largeur et d'environ 2,50 m de hauteur. L'avancement était de 27 m/jour en deux postes, avec une production de 500 t/jour et un rendement chantier de 12 t/Hp.

A la mine Cagnac (France), nous avons visité un traçage en charbon creusé au moyen de l'Alpine F 4 (prix : 3 millions de FB), avec une évacuation

discontinue des produits par des camions Wagner. Dans le cas particulier de cette mine, l'utilisation de ces camions a conduit à une économie de 5 hommes/jour par rapport à l'évacuation continue des produits par courroies. L'avancement était de 12 à 14 m/jour avec un rendement de 50 à 70 cm/Hp.

Nous avons encore visité à la mine Gneisenau un traçage d'une section de 15,9 m^2, réalisé au moyen d'une machine ponctuelle Eickhoff. L'avancement moyen au cours des cinq derniers mois a varié entre 9 et 11,20 m/jour. Le rendement moyen à front est de 0,92 m/Hp ou 14,7 m^3/Hp et le rendement chantier est de 0,52 m/Hp ou 8,20 m^3/Hp.

Le prix de revient du traçage est de 716 DM/m contre 1327 DM/m pour un chantier semblable creusé conventionnellement. Le prix complet d'une machine de ce type est de 1.200.000 DM.

1223. **Mesures des variations de charges reprises par le massif de charbon en avant d'une taille rabattante.**

Nous avons fait l'acquisition de capsules de mesures, mises au point par le Cerchar, en vue de déterminer qualitativement les variations de charges subies par un massif en avant d'une taille active. Ces capsules sont introduites dans des trous de sonde forés en charbon à partir des voies en avant d'un front de taille.

Comme première application, nous avons placé quatre capsules en avant d'un front de taille rabattante en couche 70 (ouverture 1,70 m) au siège Beringen. Cette taille avait la particularité d'être en partie remblayée et en partie foudroyée. L'avancement de la taille était de 3 m/jour.

On a pu ainsi voir à partir de quelle distance l'onde de hautes contraintes se manifeste en avant de la taille et la position du maximum de contraintes.

Au-delà du maximum, la pression diminue rapidement et s'annule déjà à une certaine distance en avant du front. Les résultats de ces premiers essais sont donnés dans le tableau II.

En se basant sur ces premiers résultats, on constate donc que l'onde de pression précédant une taille remblayée se fait sentir à plus faible distance du front que dans une taille foudroyée, mais elle continue à se marquer jusqu'à proximité immédiate du front de taille — dans une taille foudroyée, les 4 mètres en avant du front de taille ne supportent déjà plus aucune pression.

Tableau II

Position de l'onde de pression par rapport au front de taille

	Distance par rapport au front de taille, en m		
Traitement de l'arrière-taille	Apparition de l'onde de pression	Maximum de pression	Annulation de toutes les contraintes
Remblayage	7	2	entre 0 et 0,80
Foudroyage	10,20	6	4

13. COMMUNICATIONS ET COMMANDE PAR RADIO DANS LES MINES, LES CARRIERES ET LES TUNNELS

131. Système INIEX/Deryck-De Keyser

Le 14 juillet 1972, on a accordé à l'Institut un titre officiel de brevet d'invention pour « des convertisseurs de mode pour les liaisons radio-électriques par ligne bifilaire ».

Il est bien connu que les ondes radio-électriques ne se propagent dans une galerie souterraine que si leur fréquence est inférieure à la fréquence critique de cette galerie considérée comme un guide d'onde creux. Pour utiliser des fréquences plus basses, il faut suspendre un fil conducteur le long de la galerie afin que celle-ci se comporte comme un câble coaxial, plutôt que comme un guide creux. Ce système de transmission, appelé système monofilaire, permet l'utilisation d'appareils de radio mobiles dans la galerie. De même, en suspendant un fil le long d'une voie de transport routière ou ferroviaire, on peut fournir des liaisons radio-électriques aux engins de transport, par guidage d'ondes le long de la voie.

L'atténuation de propagation du système monofilaire est assez élevée, parce qu'il s'agit d'une

ligne de transmission avec retour par la terre. Pour obtenir de plus grandes portées, on peut utiliser le système bifilaire : on suspend alors un câble à deux conducteurs. En présence d'un tel câble, il existe deux modes de propagation : le mode parallèle, dans lequel le courant part par les deux conducteurs considérés comme un seul et revient par la terre, possède toutes les propriétés du système monofilaire ; le mode antiparallèle ou symétrique, dans lequel le courant part par un fil et revient par l'autre sans intervention de la terre, présente une atténuation de propagation notablement plus faible que celle du mode parallèle ; cependant, le champ électromagnétique de ce mode est concentré au voisinage immédiat du câble et n'est pas couplé aux antennes des appareils de radio que l'on pourrait utiliser dans la galerie ou le long de la voie de transport. Des portées accrues sont obtenues si l'énergie électromagnétique se propage selon le mode anti-parallèle, mais pour que la réception de ces ondes par radio soit possible, il faut convertir, de distance en distance, une partie de cette énergie en mode parallèle. La conversion en sens inverse, nécessaire pour l'émission par les appareils mobiles, se fait par réciprocité.

L'invention concerne des convertisseurs de mode dépourvus de prise de terre et réalisant la conversion optimale sous cette condition.

Conformément à l'invention, le convertisseur de mode de l'énergie électro-magnétique transmise par une ligne bifilaire dépourvue de terre et apte à assurer des communications radio-électriques en milieu confiné ou le long d'une voie de transport comporte une bobine de self-induction et un condensateur, insérés en série respectivement dans les deux fils de la ligne de transmission, de manière à constituer pour le mode bifilaire un circuit résonnant à la fréquence de travail et réaliser ainsi le taux optimal de conversion de mode à cette fréquence.

Il comporte un transformateur inséré entre les fils de la ligne de transmission, les circuits primaire et secondaire étant pourvus de prises intermédiaires excentrées, reliées entre elles par un court-circuit de manière à réaliser le taux optimal de conversion de mode à large bande.

Le transformateur inséré entre les fils de la ligne de transmission comporte un condensateur dont la capacité est telle que le passage de courant continu ou de basse fréquence d'un fil vers l'autre est empêché mais que la transmission de ces courants le long de la ligne est permise, les communications radio-électriques pouvant être effectuées simultanément.

La fig. 5 est utilisée pour calculer les performances des convertisseurs.

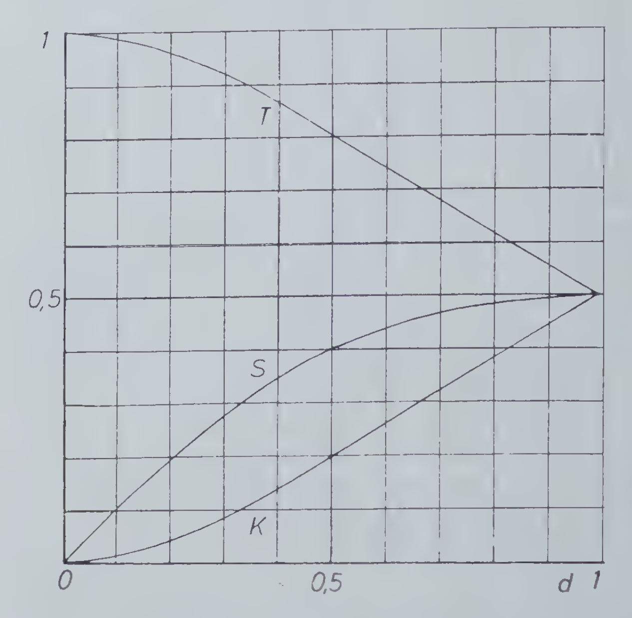


Fig. 5. — Abaque pour le calcul des convertisseurs de mode.

Lorsqu'une onde de mode antiparallèle ou parallèle est incidente sur le convertisseur, une fraction K de cette onde est réfléchie, une fraction T est transmise dans ce même mode au-delà du convertisseur, et deux fractions S sont converties en deux ondes de l'autre mode excitées dans les deux directions opposées. Les paramètres K, T et S sont des rapports de racines carrées de puissance, et la conservation de l'énergie s'exprime par la relation :

$$K^2 + T^2 + 2 S^2 = 1$$

Avec la collaboration du personnel du laboratoire et grâce à l'aide financière de la CECA, M. Deryck a continué la préparation de sa thèse de doctorat sur la ligne bifilaire utilisée comme support de propagation radio en galerie. De nombreuses mesures ont été effectuées notamment dans le tunnel de Lanaye afin d'étayer la thèse. En fin d'année, M. Deryck avait achevé la rédaction du texte qui sera soumis au jury dans le courant du mois de janvier 1973. La thèse sera soutenue le 25 janvier à la Faculté des Sciences de l'Université de Liège.

132. Système INIEX/Delogne

Le 3 août 1972, on a accordé à l'Institut le titre officiel d'un brevet de perfectionnement pour « système de télécommunications par voie radio-électri-

que en milieu confiné .» L'invention a pour objet un perfectionnement apporté au système de télécommunications par voie radio-électrique conforme au brevet principal n° 746 177 déposé en février 1970 par l'Institut.

Suivant le brevet principal, le conducteur extérieur du ou des câbles porteurs d'ondes comporte des coupures transversales produisant de courtes interruptions qui permettent le passage d'un rayonnement électromagnétique et agissant à la manière d'une antenne présentant une directivité élevée dans des directions proches de l'axe du câble. En outre, le système comporte des éléments d'adaptation des impédances entre les portions du conducteur extérieur situées de part et d'autre des interruptions, en vue d'en réduire le facteur de réflexion et la perte d'insertion.

Dans le développement industriel du système, il est apparu que les coupures dans le conducteur extérieur du câble porteur d'ondes pouvaient avantageusement être réalisées en sectionnant complètement le câble et en introduisant l'extrémité des deux tronçons dans un boîtier rigide en matériau diélectrique à faibles pertes jouant le rôle de boîte de jonction et dans lequel se trouvent logés des éléments d'adaptation d'impédance intercalés respectivement entre les portions du conducteur extérieur et entre les portions du ou des conducteurs intérieurs.

Le présent perfectionnement consiste à prévoir, à l'endroit de la coupure, un boîtier rigide en matériau diélectrique à faibles pertes, composé de deux parties qui, assemblées, assurent la fixation des portions du câble situées de part et d'autre de la coupure, cette dernière étant obtenue par sectionnement du câble, le boîtier comportant un évidement dans lequel est encastrée une plaquette qui porte les éléments d'un dispositif d'adaptation d'impédance et des connexions pour le raccord de ce dispositif aux conducteurs du câble porteur d'ondes. L'une des deux parties du boîtier au moins comporte une paroi amovible permettant l'introduction, l'inspection et le remplacement du dispositif d'impédance en cas de besoin sans qu'il soit nécessaire de relâcher les deux parties du boîtier.

Le dispositif d'impédance comporte un condensateur et une bobine de self-induction intercalés en série, l'un dans le conducteur extérieur et l'autre dans le conducteur intérieur du câble porteur d'ondes.

Le perfectionnement couvre également tout autre dispositif d'impédance plus élaboré comportant plusieurs bobines et condensateurs reliés entre eux pour former un circuit de caractéristiques électriques appropriées.

Par la suite, nous avons encore amélioré la forme des dispositifs rayonnants et, au moment de préparer une première série de 1000 pièces, on s'est mis en rapport avec la section « Polymères » de l'Institut et le groupe de recherche du CRIF pour déterminer les exigences techniques d'un moule de fabrication.

Le 26 octobre 1972, l'Institut a concédé à la Société SAIT une licence pour la construction des appareils spéciaux nécessaires à la réalisation des câbles guides d'onde, ainsi que pour leur utilisation dans tous les pays du monde, à l'exception des USA et du Canada.

On se souviendra que la première installation industrielle pour les télécommunications a été faite à la demande de la S.A. E.B.E.S. à Kallo dans un tunnel en dessous de l'Escaut. Elle est destinée à assurer des communications avec le personnel se trouvant dans le tunnel et un poste-chef à la surface dans la chambre de contrôle. L'équipement fourni par la firme SAIT comprend des postes mobiles BN 71 travaillant à 36 MHz et un poste-chef CN 401.

Une deuxième réalisation est celle de Beringen pour la télécommande d'un monorail connu sous la dénomination « Hydropull 3000 » avec appareillage Philips MBLE travaillant à la fréquence de 30 MHz (fig. 6).

Le système INIEX/Delogne présentant ses caractéristiques les plus favorables à des fréquences relativement basses, de l'ordre de quelques MHz,

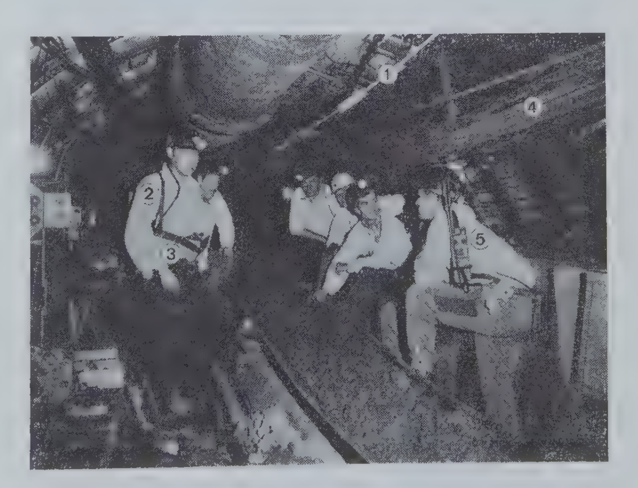


Fig. 6. — Le câble guide d'ondes INIEX/Delogne est muni de dispositifs rayonnants (1). Suspendu au milieu de la galerie, il permet à l'opérateur (2) de télécommander au moyen du boîtier de commande (3) un monorail de transport dont on voit le rail de guidage (4). Le même câble guide d'ondes permet, en outre, aux mineurs de communiquer entre eux à tout moment grâce à l'émetteur récepteur portatif Saitfone (5) de sécurité intrinsèque.

il était indiqué d'essayer les émetteurs-récepteurs X-phones et Y-phones que le Cerchar venait de mettre au point et qui sont réglés à 7 MHz. On a donc installé dans les bouveaux de l'étage 789 m de Beringen un câble coaxial et les dispositifs rayonnants sur deux tronçons de 4 km chacun, au départ de la centrale téléphonique du fond. On a raccordé un Y-phone au câble coaxial et montré qu'il est possible de correspondre à tout moment avec un opérateur muni d'un X-phone, se déplaçant dans le bouveau équipé du système INIEX/Delogne. Sur ce même réseau, avec des postes mobiles Stoner travaillant à la fréquence de 6 MHz, on a obtenu des communications entre mobiles sur une distance totale de 8 km.

Au vu de ces résultats, la Direction des Kempense Steenkolenmijnen a décidé de former de petits groupes d'étude des applications de la radio pour les télécommunications et la télécommande dans les mines. Le premier équipement de télécommande MBLE que l'INIEX avait acquis et avait essayé tout d'abord au siège de Winterslag (fig. 7) a été acheté par les charbonnages de Campine et est actuellement en service au siège de Waterschei. Le deuxième équipement de télécommande MBLE acquis par l'INIEX et expérimenté au siège de Beringen a été également acheté par les charbonnages de Campine et est actuellement en service au siège de Beringen.



Fig. 7. — Le câble guide d'ondes INIEX/Delogne guide parfaitement les ondes quelles que soient la forme et les dimensions des galeries.

C'est à ce siège également que l'on a mis en service pour la première fois en Belgique un treuil de monorail télécommandé par radio et permettant la translation du personnel dans une galerie inclinée montante.

Dans le même temps, des essais ont été entamés pour assurer des communications avec les machinistes de locomotives au siège de Beringen.

Au début de l'année et à la demande des Houillères de Provence, nous avons installé un réseau INIEX/Delogne dans la mine de Gardanne sur 4,8 km de longueur. La station de base Y-phone a été placée dans le fond à une certaine distance du pied du puits, ainsi que le Cerchar le préconisait, et reliée par câble téléphonique à un tableau de commande basse fréquence installé en surface dans une salle de contrôle. Dans ces conditions, tout patrouilleur équipé d'un X-phone se déplaçant dans les galeries peut être appelé à partir de la surface et entrer en communication avec le poste central de télévigile.

Les 22 et 23 juin en présence des membres du groupe permanent « Electricité » de la CECA, des essais ont été réalisés avec les X-phones et Y-phones. M. Fournel, Ingénieur en Chef du siège de Gardanne à Meyreuil, écrit dans son rapport : « Tous les participants ont été impressionnés par la très bonne transmission dans les deux sens entre un X-phone au bout du circuit de couloir roulant et l'Y-phone dont la haute fréquence était installée à la gare à matériel et la basse fréquence au télévigile. La transmission se faisait sans parasite jusqu'à hauteur des couloirs roulants et des convoyeurs en service ».

A la fin de l'année, la direction des Houillères de Provence prenait la décision de créer deux nouveaux réseaux de communications par radio dans la mine de Gardanne en utilisant le câble de transmission INIEX/Delogne.

133. Divers

L'équipe de recherche P.O.E. a participé, les 29, 30 et 31 mai 1972, aux Journées d'Information « Automatisation dans les Charbonnages » organisées à Luxembourg par la Commission des Communautés Européennes. M. Liégeois y a présenté un rapport général sur les télécommunications et la télécommande par radio dans les mines. M. Delogne a fait un exposé sur le système dont il est l'inventeur. Au cours d'une réunion de discussion animée par M. Liégeois et intitulée « Table Ronde sur le thème : la radio dans la mine », le souhait a été exprimé que soit formé un Comité International dont INIEX assurerait le secrétariat et dont les tâches seraient les suivantes :

a) Collecte de toutes les informations relatives aux nouveaux développements dans le domaine de la radio pour l'industrie minière.

b) Communication des informations demandées à tous les intéressés, charbonnages, administrations des mines, constructeurs, instituts de recherche.

c) Coordination de la recherche et du développement dans le domaine de la radio dans l'industrie minière européenne.

d) Contacts avec les constructeurs, afin de susciter des discussions à l'échelle européenne, et de coordonner les programmes de fabrication. Ceci permettrait d'éviter, d'une part, qu'un même problème soit traité par différentes firmes, ce qui leur serait dommageable par suite de la restriction des marchés qui en résulterait et, d'autre part, que certains problèmes n'étant étudiés par aucune firme, des besoins de l'industrie minière restent insatisfaits.

e) Concertation en vue d'aboutir à un choix commun des fréquences à utiliser et prise de position commune vis-à-vis des administrations qui allouent ces fréquences. Ceci devrait permettre d'obtenir des bandes de fréquences propres aux industries minières et communes à tous les pays, non seulement de la Communauté, mais également du reste du monde.

Outre les contacts que nous avons eus avec nos collègues de la Communauté, notamment à l'occasion de la préparation des Journées de la CECA, nous avons effectué le 22 septembre en présence de M. Martin (NCB) la démonstration de la supériorité des systèmes INIEX/Delogne sur la ligne de transmission à câble coaxial et conducteur extérieur à tresse lâche.

Du 17 juillet au 14 août, M. Liégeois a séjourné aux USA où il a eu des contacts, notamment avec le Bureau of Mines, l'American Mining Congress, la Bituminous Coal Research Association, le Bureau d'Etudes Arthur D. Little, les firmes MSA, National Mine Service, GAI-Tronics, et un certain nombre de houillères. Il a participé à la première conférence sur l'Electrotechnique dans les Mines organisée par la West Virginia University, Morgantown, où il a fait un exposé intitulé : « Transmissions au fond ».

A la mine expérimentale de Bruceton du Bureau of Mines, il a procédé à des essais avec une ligne INIEX/Delogne dont le Bureau of Mines a demandé à faire l'acquisition par la suite. En outre, le responsable du service « Industrial Hazards and Communications », John Murphy, a demandé que lui soient expédiés d'autres dispositifs rayonnants réglés à 27 MHz avec lesquels INIEX est invité à faire de nouvelles démonstrations.

14. GRISOU ET AERAGE

141. Prévision du dégagement de grisou et mesures de concentration en gaz

Dans le but de prévoir le dégagement de grisou dans les tailles en plateures du bassin de Campine, on y a poursuivi les mesures de concentration en gaz des couches par la méthode directe (fig. 8).

Par exemple, dans la couche 63/64 au siège de Beringen, on a trouvé des concentrations comprises entre 2,3 et 5,3 m^3/t.

D'autres mesures ont eu lieu dans un traçage en couche Gros-Pierre sous 825 m, au siège Ste-Catherine des Charbonnages du Roton (Bassin de Charleroi). Les mesures dans cette couche considérée comme très peu grisouteuse ont donné des valeurs comprises entre 2 et 2,7 m^3/t.

Des mesures de concentration en gaz nous ont été demandées sur des carottes de charbon provenant de sondages de reconnaissance effectués à partir de la surface dans la ville de Liège en vue du creusement du futur métro. Les concentrations de gaz mesurées sur 56 échantillons de charbon

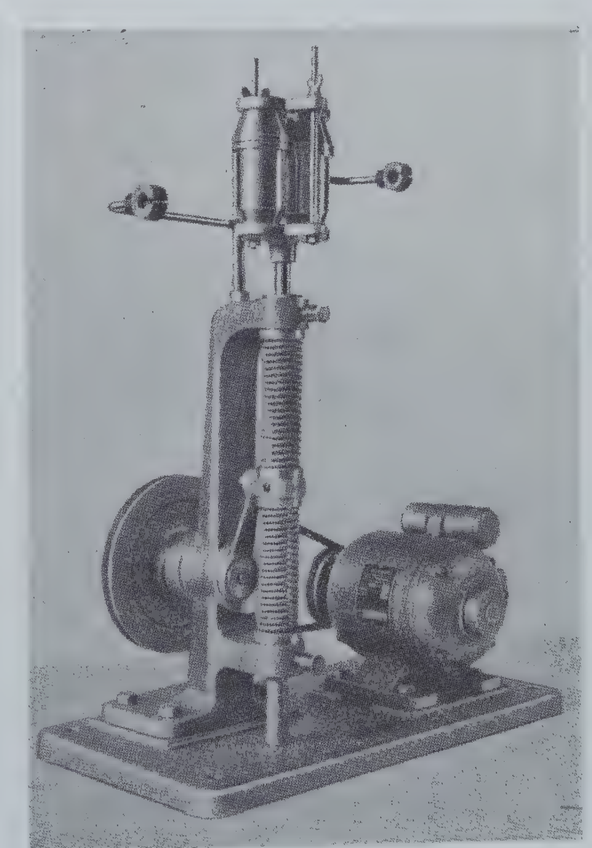


Fig. 8. — Broyeur Dangoumau utilisé pour la mesure des concentrations de méthane dans les charbons.

varient entre 0,05 et 3,1 m³/t. La moyenne arithmétique des mesures vaut 1,1 m³/t ; la valeur médiane vaut 1,05 m³/t. Les travaux de creusement dans ces couches nécessiteront donc des précautions au point de vue du dégagement de grisou.

142. Dégagement de grisou dans les tailles en plateures

Au cours de l'année, les études de dégagement de grisou ont eu lieu dans les sièges et les chantiers suivants (tableau III).

Tableau III

Dégagements spécifiques mesurés dans divers chantiers des bassins belges

Bassin de Mons		m³/t	Bassin de Campine	m³/t
Hensies-Pommeroeul : 3 tailles			*Beringen :* 2 tailles	
Veine Charles	Taille II Lt	7,5	— Taille 63/64 - N_1-05	22,6
à 710 m	Taille I Ct	14,9	— Taille 71 - $N_1O_4P_2$ (2)	≃ 20
Veine Jacqmain	Taille II Lt (1)		*Zolder :* 4 tailles	
à 710 m			— Taille 58/71a (3)	0
			— Taille 22/59 (4)	72,5
Bassin de Charleroi		m³/t	— Taille 52/71a (4)	≃ 4,6
			— Taille 3361 (4)	≃ 11,5
Monceau-Fontaine			*Waterschei :* 4 tailles	
(siège n° 14) : 2 tailles			— Taille L3-5B	79,6
— 6 Paumes Ct sous 1019 m		67,4	— Taille L0-61	≃ 23
— Brose Ct à 1019 m		84,7	— Taille B8-49	≃ 16
Monceau-Fontaine			— Taille S5-55	≃ 70
(siège n° 25) : 2 tailles			*Eisden :* 2 tailles	
— 5 Paumes, taille 12, à 1060 m		≃ 75	— Couche 28, taille 0236	19,6
— 5 Paumes, taille 2, à 1090 m			— Couche 18, taille 5147	

(1) Dernière taille dans un faisceau de 4 couches exploitées dans l'ordre descendant
(2) Taille rabattante
(3) Avec prétéléinjection d'eau (sans grisou)
(4) Sans prétéléinjection d'eau

Les études ont donc porté sur 7 tailles du bassin Sud et 12 tailles du bassin de Campine. Elles ont concerné principalement l'influence du planning d'exploitation, de la vitesse d'avancement et de la production sur le dégagement spécifique de grisou et, également, l'élimination des accumulations de grisou en tête des tailles rabattantes foudroyées.

Au charbonnage d'Hensies-Pommerœul, trois campagnes de mesures ont eu lieu au total dans le gisement II, dans les couches Théodore-Léopold et Charles exploitées successivement du haut vers le bas (fig. 9). Les dégagements spécifiques ont été

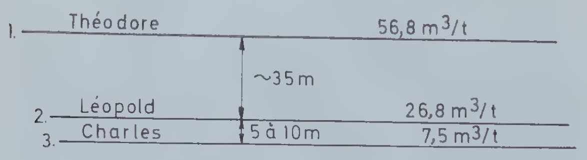


Fig. 9. — Influence de l'ordre d'exploitation descendant sur le dégagement spécifique de grisou.

respectivement les suivants : 56,8 m³/t - 26,8 m³/t - 7,5 m³/t. On a donc observé une forte chute du dégagement spécifique à mesure que les différentes couches ont été exploitées. Cet abaissement a été observé avec un ordre d'exploitation descendant.

Pour mieux expliquer les deux types de relation existant entre le dégagement de grisou et la production ou la vitesse d'avancement (décroissance dans 2/3 des cas et constance dans 1/3 des cas du dégagement spécifique moyen mensuel lorsque la production mensuelle augmente), des contacts ont eu lieu entre l'INIEX et le CERCHAR. Il semble que ce soit, entre autres, dans la nature des terrains et la différence d'inertie du dégagement de grisou qui en résulte, qu'il faille chercher l'explication de la divergence des observations.

Les accumulations de grisou en tête des tailles rabattantes posent un problème qui n'a pas encore

trouvé de solution vraiment satisfaisante. Un essai a eu lieu au siège de Beringen pour tenter de résoudre ce problème à l'aide d'un ventilateur aspirant sur l'arrière-taille et installé en tête de taille dans la voie de retour d'air (méthode des Houillères de Lorraine).

Dans une taille où, malgré le captage par des sondages forés à partir de la voie de retour d'air, il subsistait des difficultés dues à un dégagement de grisou important en provenance de l'arrière-taille, dans la moitié inférieure de la taille en contrepente, on a foré des sondages de captage à partir du milieu de la taille. Ces sondages ont été raccordés à la conduite de captage de la voie de retour d'air par des tuyauteries abandonnées dans l'arrière-taille. La situation grisoumétrique a ainsi été améliorée.

143. Grisoumétrie - Anémométrie - Centraux de télégrisoumétrie

Moyennant une autorisation spéciale, en attendant l'agréation en Belgique, le central de télégrisoumétrie de Zolder a été complété par des capteurs anémométriques A.T.M. 689.

Dans le cadre de la recherche « Process control appliqué à la ventilation des mines »*, INIEX doit effectuer une étude de la grisoumétrie du siège de Waterschei, particulièrement en fonction des conditions d'aérage de la mine et, par ailleurs, doit réaliser la mise au point et l'exécution d'un programme de mesures et d'enregistrement.

En attendant que soit mis en place le système de télécontrôle, on a poursuivi l'étude du dégagement de grisou de 4 tailles (L3-5B, L0.61, B8.49, S5.55).

Le système de télécontrôle a été choisi :

1°) capteurs anémométriques A.T.M.
capteurs grisoumétriques G.T.M.
tricapteurs pour le captage (ultérieurement)
2°) télétransmission : TF 24 Funke & Huster ;
3) logging : data logger ANALOGIC ;
4°) acquisition et premier traitement des données : IBM-S/7 ;
5) enregistrement graphique : traceur de courbes IBM 1627.

Les programmes de logging-monitoring et d'enregistrement sont en cours d'élaboration.

L'anémomètre ATM et le grisoumètre GTM associés à un système de télétransmission TF 24 posaient des problèmes de sécurité intrinsèque de première catégorie. Ces problèmes ont été examinés en collaboration avec la Division de Pâturages en vue d'apporter les modifications nécessaires aux différents matériels.

* En collaboration avec l'Institut d'Hygiène des Mines et l'Université de Louvain.

144. Prétéléinjection d'eau en veine et dégagement de grisou

Les études ont été effectuées au siège de Zolder.

Dans la taille prétéléinjectée 58/71a, mais en zone détendue, le dégagement de grisou a été pratiquement nul. Les indices de vitesse de désorption V_1 mesurés dans la couche ont été tous inférieurs à 0,1. L'humidité plus élevée du charbon en place paraît due à l'infusion faite deux ans plus tôt dans le panneau supérieur à partir de deux sondages. Cette « préhumidification » pourrait expliquer en partie pourquoi on ait trouvé si peu de grisou dans le courant d'air du chantier.

La taille 22/59 qui n'a pas été traitée par prétéléinjection a donné un dégagement spécifique de grisou de 72,5 m^3/t.

Les expériences se poursuivent dans les tailles

— 52/71a (dég. sp. $\simeq$ 4,6 m^3/t) ;
— 33/61 (dég. sp. $\simeq$ 11,5 m^3/t).

145. Dégagements instantanés

La caractérisation de la susceptibilité au D.I. des couches a été effectuée par des mesures d'indices ΔP et V_1 dans trois chantiers du Charbonnage d'Hensies-Pommerœul, quatre chantiers des Charbonnages de Monceau-Fontaine, un chantier du bassin de Campine.

146. Captage du grisou dans les mines fermées

Les mesures et les observations ont eu lieu principalement

— aux Charbonnages du Centre : siège St-Albert et Ste-Marguerite ;
— au Charbonnage du Bois-du-Cazier.

Dans l'un et l'autre cas, le gradient de chute de pression dans la mine fermée décroît à mesure que le captage progresse. La chute de pression est d'autant moins rapide que le captage se fait plus lentement.

La chute de pression a été beaucoup plus rapide au Charbonnage du Bois-du-Cazier qu'au siège St-Albert. Mais l'extension des travaux était moindre au Bois-du-Cazier qu'aux Charbonnages du Centre ; les exploitations y sont arrêtées depuis beaucoup plus longtemps et, surtout, le gisement y était moins grisouteux.

15. CARRIERES

151. Essais de havage en petit granit

On a procédé aux premiers essais de pics auto-affûtants in situ, en équipant de 40 outils un bras de 1,60 m. Les pics étaient étagés classiquement :

étage I	largeur de passe		8mm
étage II	»	»	17 mm
étage III	»	»	26 mm
étage IV	»	»	33 mm

La haveuse Perrier a pris en descendant une saignée profonde de 1,33 m, la chaîne tournant à la vitesse linéaire de 0,47 m/s.

Les résultats sont consignés au tableau IV.

On peut admettre dès maintenant que les pics auto-affûtants sont un franc succès du point de vue efficacité et rentabilité (par rapport aux pics classiques.

1) Au cours de l'essai, on n'a pu déceler aucune usure des pics (à part l'anomalie dont nous reparlerons). Or, ils coûtent moins cher et les opérations de réaffûtage sont supprimées.
2) La consommation électrique et la pression n'augmentent plus fortement avec la vitesse d'avancement. La machine est pratiquement exempte de vibrations.
3) Ceci explique que l'on ait réalisé des avancements et des rendements supérieurs à ceux obtenus avec pics classiques, car on a pu « pousser » davantage.

Une seule anomalie : les pics de l'étage 4 s'usent fortement et anormalement, c'est-à-dire sur les flancs extérieurs.

On cherche à y remédier et, à ce propos, nous comptons sur les essais menés au laboratoire des mines de la Faculté Polytechnique de Mons.

L'essai de pics auto-affûtants sur bras de 3,30 m a tourné court. Dès le démarrage, une plaquette s'est débrasée, endommageant de nombreux autres pics. L'essai sera repris prochainement.

Le constructeur Perrier s'intéresse fortement à cette étude car plusieurs de ses haveuses, installées dans des ardoisières à Angers et en Grande-Bretagne, usent rapidement leurs pics.

Tableau IV
Résultats du havage

Vitesse d'avancement m/h	Consommation électrique A	Pression hydraulique Bars	Avancement m	Surface sciée m²	Rendement m² sciés/h de coupe
1,21	12,5 à 18	15 à 20	0,44	0,585	2,17
2,50	19,0 à 26	20 à 28	0,67	0,891	4,86
3,80	19,0 à 30	20 à 29	0,75	0,997	5,44
5,20	14,0 à 21	15 à 20	1,21	1,613	6,91
Totaux			3,07	4,086	4,71

152. Etude des vibrations de tirs dans les carrières

Depuis plus de 3 ans, l'INIEX effectue des mesures de vibrations de tirs. Ces mesures sont faites à la demande de l'Administration des Mines ou de l'exploitant ou bien encore sur proposition de l'Institut qui, d'après les niveaux de vibration observés, juge utiles telles mesures complémentaires ou tels essais pour améliorer la technique et la sécurité des tirs en masse.

Des enregistrements de vibrations ont été effectués dans 7 carrières, mais principalement à la carrière de calcaire Dumont-Wauthier d'Ampsin (65 tirs enregistrés en 1972) et à la carrière de diorite porphyrique de Quenast (120 tirs enregistrés en 1972).

Lors de chaque tir, nous enregistrons généralement les vibrations en 3 à 5 et parfois 6 points éloignés de quelques dizaines à quelques centaines de mètres des centres de tirs. Nous disposons ainsi, à l'heure actuelle, de plus de 1600 enregistrements.

Comme appareils de mesures, depuis 1969, l'INIEX utilise des vibrographes Kongsberg Tellus. L'appareil Tellus enregistre uniquement la composante verticale des vibrations. Sur l'enregistrement, on mesure l'amplitude A et la fréquence f de l'impulsion dominante que l'on suppose correspondre à la vitesse maximale de vibration ($v_{max} = \pi fA$). Pour 1973, l'INIEX a décidé d'acquérir un appareil Tri-Max de la firme Wasagchemie A.G. (fig. 10). Cet appareil permet d'enregistrer les trois vitesses composantes de la vibration et de calculer automatiquement la vitesse résultante maximale.

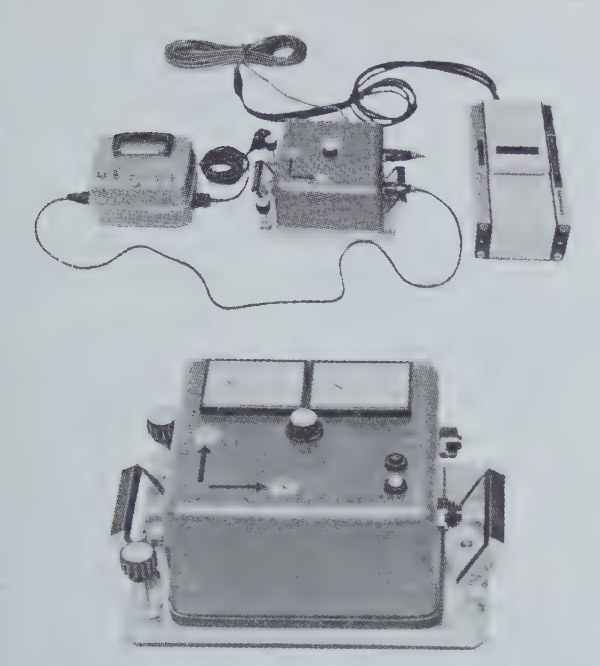


Fig. 10. — Capteur de vibrations Wasag-Tri Max.

Carrières de Quenast

Pour l'étude à Quenast, on a choisi quatre directions de mesures réparties en étoile autour de la carrière, chacune de ces directions comportant 3 points de mesures.

Les objectifs poursuivis sont principalement :

1°) L'inventaire et l'examen des facteurs susceptibles d'influencer le niveau des vibrations. Ces facteurs, au nombre d'une trentaine, comprennent des variables de position, de chargement et d'amorçage des tirs, de configuration géométrique du front de tir, éventuellement de conditions géologiques.

2°) L'étude de l'amplitude, de la fréquence et de la vitesse des vibrations en fonction des facteurs cités ci-avant.

3°) La comparaison des valeurs mesurées aux limites actuellement admises et l'établissement de règles de bonne pratique pour atteindre le plus bas niveau possible de vibration, compatible avec un rendement et une efficacité suffisante des tirs.

L'étude des vitesses de vibration a comporté deux volets :

1°) Une étude descriptive

a) des relations entre la vitesse de vibration et la distance entre le front de tir et le point de mesure, selon la direction de mesure et l'étage de tir ;

b) de l'influence de la charge totale et sa répartition sur le niveau des vibrations dans les différentes directions et selon les types de tir (tirs de mines verticales, tirs de mines horizontales, tirs mixtes, tirs spéciaux) ;

c) de l'influence de la charge de la volée la plus chargée dans les mêmes conditions ;

d) de la répartition des vitesses nulles.

2°) En nous basant sur des travaux récents de l'U.S. Bureau of Mines, nous avons recherché des lois empiriques de vibrations, c'est-à-dire des relations de la forme :

$$v = k \left(\frac{C^{\alpha}}{D} \right)^{n}$$

où

v = vitesse verticale de vibration particulaire (en mm/s)

C = charge de la volée la plus chargée (en kg)

D = distance front de tir — point de mesure (en m)

k = coefficient de vitesse

α et n sont des exposants.

On a effectivement trouvé des relations de cette forme pour les diverses directions de mesures, mais avec des coefficients et des exposants différents pour chacune.

Pour trois des quatre directions, on a trouvé respectivement

$$v_{(B)} = 37{,}03 \left(\frac{\sqrt{C}}{D} \right)^{0{,}71}$$

$$v_{(H)} = 46{,}23 \left(\frac{\sqrt{C}}{D} \right)^{0{,}75}$$

$$v_{(R)} = 42{,}32 \left(\frac{\sqrt{C}}{D} \right)^{0{,}90}$$

Toutefois, la validité de ces relations doit encore être confirmée par un plus grand nombre de mesures.

Des relations analogues ont été aussi recherchées, mais en tenant compte cette fois du type de tir.

Carrière d'Ampsin

Au cours de l'année, sur deux fronts, des essais systématiques d'amorçages différents ont eu lieu à notre demande, afin de définir les techniques qui provoquent les vibrations de plus bas niveaux.

Chaque série d'essais comprend un tir instantané, des tirs avec des retards de 20 ms ou avec des retards de 50 ms échelonnés tous les fourneaux

ou tous les deux fourneaux ou tous les trois fourneaux (fig. 11)

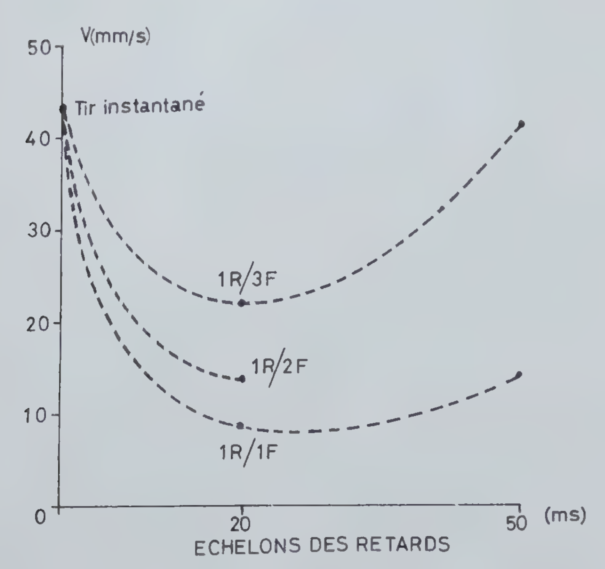


Fig. 11. — Influence du mode d'amorçage sur la vitesse de vibration.

La vitesse de vibration est la plus élevée lorsque l'on effectue un tir instantané. A retard égal (20 ms ou 50 ms), la vitesse décroît lorsque l'on place un relais tous les trois, tous les deux ou tous les fourneaux. Pour chacun de ces trois derniers modes d'amorçage, on observe la vitesse de vibration la plus faible lorsque le retard adopté est de 20 ms. Le retard optimum pourrait être quelque peu différent de 20 ms.

La vitesse minimale de vibration obtenue avec des relais de 20 ms pourrait résulter du fait que l'échelonnement correspond alors à peu près à la demi-période de vibration souvent observée à Ampsin et qui est de l'ordre de 25 ms. L'impulsion de vibration due au départ d'une mine ou d'une volée compenserait partiellement l'impulsion due à la mine ou à la volée précédente, les deux impulsions étant en opposition de phase. Il y aurait, dès lors, compensation dans la superposition des ondes successives.

2. SECTION « LABORATOIRE D'ANALYSES ET DE RECHERCHES INDUSTRIELLES »

Le département « Laboratoire » de l'Iniex poursuit des études qui concernent de nombreux aspects de l'activité d'industries extractives elles-même très diverses.

Pour présenter ces activités de façon suffisamment concise, nous les avons groupées sous trois rubriques, qui correspondent aux activités des trois groupes de recherche actuellement à l'œuvre au laboratoire :

21. Industries extractives.
22. Environnement.
23. Polymères.

21. INDUSTRIES EXTRACTIVES

Les recherches effectuées au laboratoire pour des industries extractives, ont eu pour objet : le charbon, le coke, la chaux, le pétrole et l'argile à brique.

211. Charbon et coke

2111. Etude de gisement

A la demande de la N.V. Kempense Steenkolenmijnen, nous avons effectué une étude de corrélation entre les veines 20 de Zolder et 70 de Beringen, dont les dédoublements posent des problèmes de stratigraphie locale et d'exploitation. A cet effet, quatre piliers représentatifs ont été prélevés :

— deux dans le sillon supérieur de la veine 70 de Beringen, à 220 m de distance l'un de l'autre,
— un dans le sillon inférieur de la même veine, à environ 400 m des deux premiers,
— un dans la veine 20 de Zolder, à environ 1500 m des précédents.

Ces piliers ont été subdivisés, arbitrairement, du mur au toit, en tranches de 10 cm de puissance, ce qui a donné, au total, 40 échantillons à analyser.

Comme on le sait, une veine de charbon est formée par la superposition d'un certain nombre de strates, de composition pétrographique différente et de puissance variable. Les veines de charbon conservent souvent la même superposition de ces « faciès pétrographiques » typiques sur une assez vaste étendue géographique, ce qui permet d'identifier une veine dans ces zones de composition constante. Comme, à ces « faciès pétrographiques » correspondent des compositions palynologiques (microspores) typiques, nous avons, pour établir les corrélations recherchées, effectué l'analyse du contenu palynologique de ces 40 échantillons.

Après broyage ménagé du charbon, on extrait les microspores suivant la méthode de Schulze, on les isole par tamisage, on les nettoie par ultra-sons et on en fait deux préparations microscopiques par échantillon. Dans chaque préparation, on détermine, au microscope, 250 microspores de telle sorte que, pour chaque échantillon, on puisse calculer la fréquence des divers genres de spores sur la base de 500 spécimens. Les fréquences ainsi obtenues pour les strates qui se superposent du mur au toit de chaque pilier, sont représentées dans les diagrammes palynologiques de la figure 12. Dans ces diagrammes, on n'a pas tenu compte de tous les genres de spores, mais seulement des genres dominants (plus de 5 %) présents dans au moins un des échantillons étudiés.

De la comparaison de ces diagrammes palynolo-

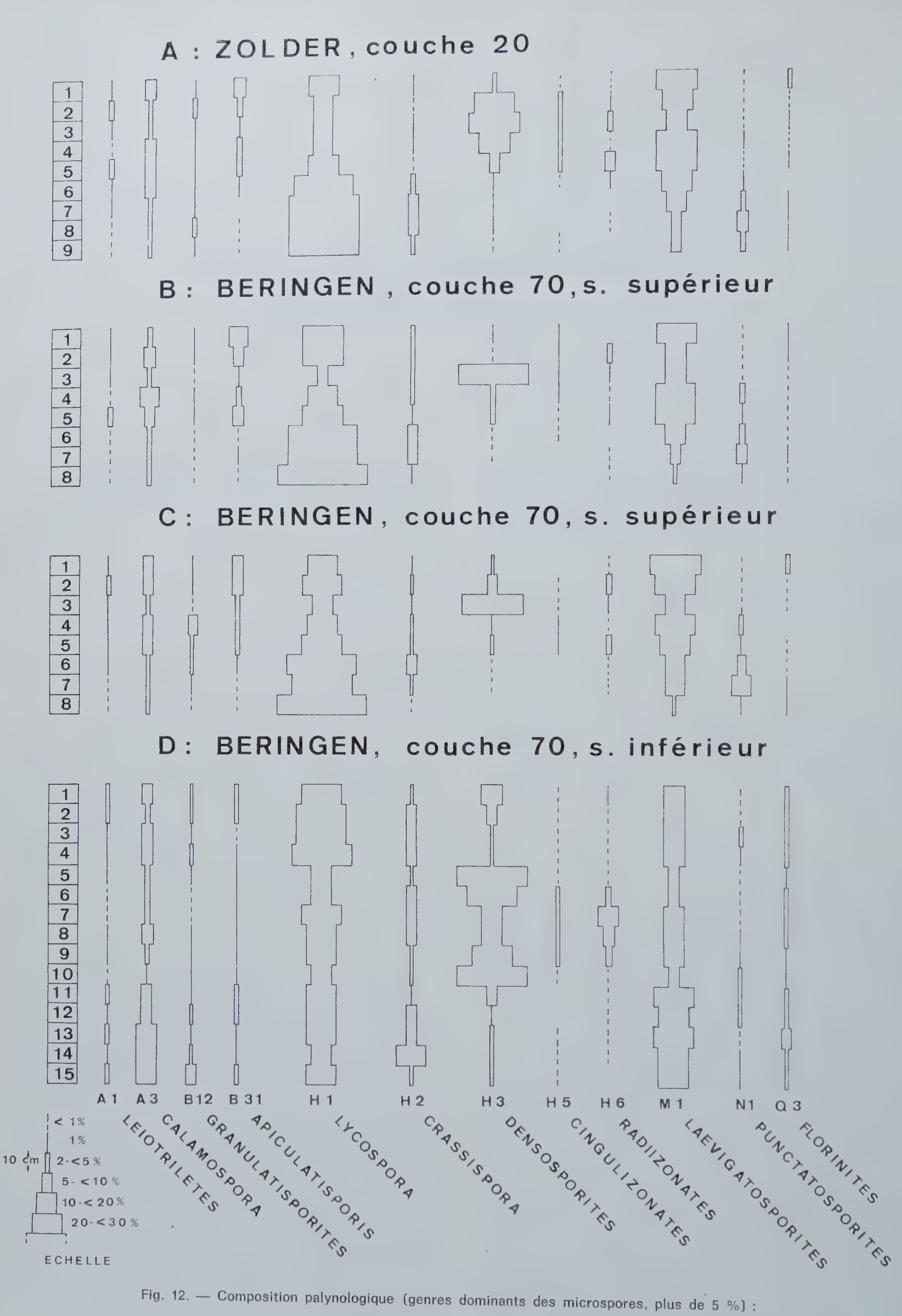


Fig. 12. — Composition palynologique (genres dominants des microspores, plus de 5 %) :

A : de la veine 20 de Zolder ;
B et C : du sillon supérieur de la veine 70 de Beringen ;
D : du sillon inférieur de la veine 70 de Beringen

giques, il ressort que les principales variations observées dans les fréquences relatives des spores de la veine 20 de Zolder se retrouvent, dans le même ordre, dans les deux échantillons du sillon supérieur de la veine 70 de Beringen, dont l'analogie est particulièrement frappante.

Par contre, la succession des fréquences dans le pilier représentatif du sillon inférieur de la veine 70 de Beringen diffère nettement de celle observée dans les trois autres piliers.

On peut donc conclure de cette étude que la veine 20 de Zolder doit correspondre au sillon supérieur de la couche 70 de Beringen.

Ces diagrammes palynologiques mettent en évidence, une fois de plus, le rôle très important joué par les spores du genre « Lycospora » dans ces sortes de travaux. On se rappellera qu'une étude très approfondie de « Lycospora » a été poursuivie au laboratoire au cours de ces dernières années, grâce, notamment, à des subsides de la CCE. Le texte définitif de la révision systématique du genre a été rédigé au cours de cette année et vient d'être publié par le Centre National de la Recherche Scientifique à Paris, dans l'Atlas de la Commission Internationale de Microflore du Paléozoïque, organisme dont nous assumons le secrétariat de la collection internationale des lames et des diapositives des genres et espèces de référence.

A la 15ème Table Ronde de la CCE, tenue à Paris en mai dernier, à été présentée l'étude de la zonation palynostratigraphique du bassin houiller de Campine et sa comparaison avec celle des bassins houillers des pays voisins. Pour caractériser les charbons extraits du gisement de Campine, nous avons aussi réalisé des analyses chimiques (analyse immédiate, composition élémentaire, soufre, fusibilité des cendres) sur plus de 20 échantillons.

A ces études de gisement on peut encore rattacher plus de 30 analyses d'humidité et de cendres, sur des échantillons des gisements de Campine et de Charleroi, dans le cadre des recherches de la Section « Grisou et Aérage », et des analyses pétrographiques et des mesures de rang effectuées sur des échantillons de provenances diverses et, notamment, du pôle Sud et de sondages effectués dans la région liégeoise, en vue de l'implantation d'un métro.

2112. **Charbons à coke**

La majorité des charbons extraits en Belgique sont destinés à la cokéfaction. Par ailleurs, les cokeries belges utilisent, à côté de ces charbons belges, des charbons importés, de provenances les plus diverses et dont les propriétés ne sont pas toujours bien définies. L'importance économique mondiale des charbons à coke a incité la Commission des Applications Industrielles du Comité International de Pétrographie des Charbons, à mettre au premier plan de ses préoccupations la recherche de la meilleure formule permettant de prédire la qualité du coke à partir des analyses pétrographiques de rang et de composition macérale des mélanges à coke. En 1972, le laboratoire a participé activement aux travaux de cette Commission qui a effectué deux essais à l'échelon international aux cokeries expérimentales de Marienau (France) et de Chesterfield (Grande-Bretagne). Quatorze échantillons des mélanges à coke enfournés ont été étudiés. Les résultats obtenus sur ces échantillons par 38 chercheurs répartis dans le monde entier ont montré une excellente concordance en ce qui concerne la méthode de détermination du rang et de la composition des mélanges à coke préconisée par l'ICCP. Il est apparu aussi que plus de 30 formules étaient actuellement utilisées pour la prédiction de la qualité des cokes et que 3 d'entre elles avaient réellement prédit avec une très grande exactitude les qualités des cokes obtenus dans les deux essais internationaux. Pour faire bénéficier les cokiers belges des résultats de ces travaux, nous avons organisé, en juin, une réunion de cokiers belges intéressés par cet aspect de l'étude des fines à coke et précisé un travail de collaboration avec la Commission précitée.

Au cours de l'année écoulée, nous avons encore analysé, pour plusieurs cokeries, une vingtaine d'échantillons de pâtes à coke et étudié l'effet d'un stockage prolongé sur le pouvoir réflecteur de la vitrinite de ces charbons.

2113. **Coke**

Les recherches que le laboratoire a poursuivies, au cours des années précédentes, sous l'égide de la CCE, sur la réactivité des cokes classiques et des cokes moulés ont conduit des cokeries belges à nous demander des travaux dans ce domaine.

Comme l'ISO vient d'établir des recommandations à ce sujet, il nous a paru opportun de nous équiper du matériel nécessaire pour la mesure de l'indice de réactivité suivant cette recommandation et nous avons commencé le montage de cet appareillage, qui complètera la thermobalance qui nous permet de suivre en continu, à 950°C, l'évolution de la réactivité de morceaux entiers de coke pesant jusqu'à 40 grammes.

Par ailleurs, à la demande d'une cokerie, nous

avons commencé une recherche pour la mise en évidence des altérations des propriétés du coke pendant le stockage. Jusqu'à présent, les résultats des analyses immédiates et élémentaires, les pouvoirs calorifiques et les examens microscopiques n'ont pas décelé de modifications sur des cokes stockés depuis un an.

212. Chaux

2121. **Déshydratation du gypse**

A la demande d'un producteur de chaux, on a suivi, à la thermobalance, le processus de déshydratation du gypse, en présence d'air humide, à des températures de 120, 130, 140, 150 et 160°C. La durée de la transformation du gypse en sulfate de calcium anhydre passe de 127 minutes, à 120°C, à 58 minutes, à 160°C. L'enregistrement de la courbe de perte de poids permet de préciser après combien de temps, pour une température donnée, on obtient la formation de plâtre.

2122. **Décarbonatation de pierres calcaires en présence d'humidité**

Des essais de cuisson de pierres calcaires, de forme cubique allant de 10 à 19 mm de côté, ont été réalisés à la thermobalance, à 900 et 950°C, sous balayage d'azote chargé de vapeur d'eau. On a pu observer une réduction de la durée de décarbonatation de l'ordre de 10 % par rapport au temps requis lorsque le balayage est réalisé avec de l'azote sec. Le rôle de la vapeur d'eau est mal connu et semble n'avoir, comme l'azote, qu'un effet de « dilution » de la concentration en CO^2 produit par le calcaire porté à haute température. Toutefois, on observe une fissuration plus importante à la surface du morceau de CaO, à la fin de l'essai.

213. Pétrole et gaz naturel

Depuis peu, les techniques d'analyse des charbons et, en particulier, la détermination de leur degré d'évolution par la mesure du pouvoir réflecteur de certains constituants pétrographiques (vitrinite, exinite) ont été utilisées avec succès en prospection pétrolière. On a constaté, en effet, que la connaissance du degré d'évolution de la matière organique finement dispersée dans les roches sédimentaires de tous âges pouvait aider à la délimitation des zones favorables à la formation de pétrole et de gaz naturel. Dans ce cas, le pouvoir réflecteur de la matière organique sert, en quelque sorte, de thermomètre pour la détermination de la température maximum à laquelle les roches ont été soumises, au cours de leur histoire géologique. La simplicité et la précision de cette mesure et son applicabilité à de très petites quantités de matière, provenant, par exemple, de boues ou de carottes de sondages, en font une technique particulièrement bien adaptée à la prospection pétrolière.

Déjà, en 1971, à la demande du Service de Géochimie de Labofina, nous avions entrepris, en liaison avec ce service, une étude préliminaire dont les résultats, très encourageants, avaient fait l'objet d'une publication au Congrès International de Géochimie (Hanovre, septembre 1971).

En 1972, cette recherche s'est fortement développée et nous avons étudié plus de 130 échantillons de roches de nature et de provenance les plus diverses, ainsi que des kérogènes.

Pour réaliser ces nombreuses analyses, nous avons été conduits à mettre au point des techniques d'extraction, de concentration et de préparation de la matière organique, à partir de ces échantillons très divers. A ce jour, tous nos résultats se sont révélés en parfaite concordance avec ceux obtenus par les autres techniques géologiques et géochimiques.

Devant l'intérêt grandissant de ces techniques pétrographiques, le Comité International de Pétrographie des Charbons a créé, en 1971, une Commission des Applications Géologiques, qui a pris comme premier thème d'étude cette utilisation de la mesure du pouvoir réflecteur de la matière organique dispersée dans les roches. Aux deux premières séries d'analyses d'échantillons américains que cette Commission a organisées, ont participé 31 chercheurs appartenant à 15 pays répartis dans le monde entier et dont la majorité appartiennent aux grandes compagnies pétrolières.

214. Argile

En 1972, le laboratoire a effectué une étude préliminaire de la granulométrie des argiles pour terre cuite. Il semble, en effet, que, parmi les nombreux facteurs qui influencent le comportement de l'argile au cours de son traitement pour la fabrication de terre cuite, la granulométrie joue un rôle qui n'a pas encore été déterminé avec précision.

Dans cette étude préliminaire, qui fera l'objet d'un Bulletin Technique, nous avons voulu nous rendre compte des fluctuations granulométriques que pouvaient présenter, d'une part, les diverses couches d'argile d'un même gisement et, d'autre part, l'argile des briques crues préparées dans différentes briqueteries d'une même région.

Après une initiation aux méthodes utilisées pour ce type de problème, et, en particulier, à la norme

DIN 51033 qui comporte la détermination de la granulométrie des particules plus grandes que 40 microns par tamisage de la matière sèche et celle des particules plus petites que 40 microns par sédimentation, nous avons fait quelques essais d'amélioration et d'adaptation de ces méthodes à notre matériel. Nous avons notamment obtenu une mise en suspension totale des particules argileuses des briques crues, même séchées, en utilisant les ultra-sons pendant deux à quatre minutes suivant les cas.

Les principaux résultats de nos travaux sont exprimés dans les figures 13 et 14.

Les courbes de la figure 13 donnent la granulométrie de 8 couches d'argile, qui se superposent dans un gisement de la vallée du Rupel. Il s'agit de courbes cumulatives, qui donnent le pourcentage total en poids de l'argile, en fonction de la granulométrie.

En dépit du fait que la région du Rupel est considérée comme possédant des couches d'argile très homogènes, il existe, comme on le voit, de très grandes différences de granulométrie entre les

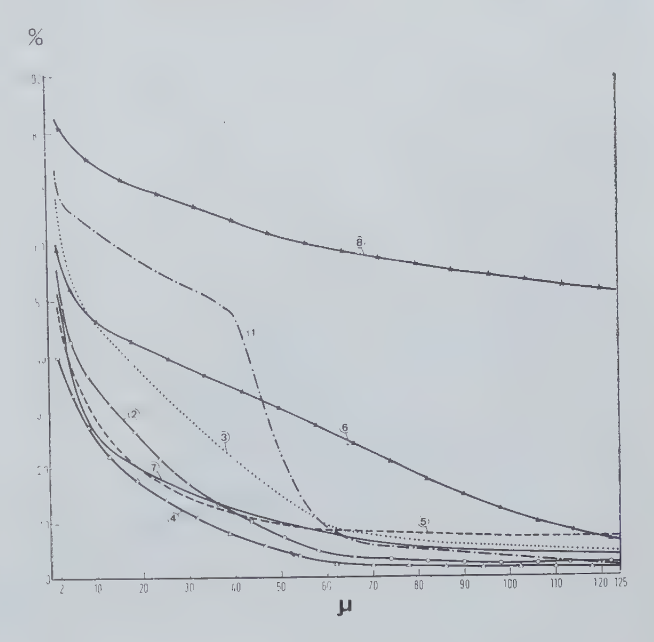


Fig. 13. — Granulométrie de huit couches d'argile, superposées dans un gisement en exploitation de la vallée du Rupel. Courbes cumulatives.

Fig. 14. — Granulométrie des argiles exprimée par trois classe granulométriques : 1) particules inférieures à 2 microns ; 2) particules entre 2 et 20 microns ; 3) particules supérieures à 20 microns. Zones de composition granulométrique optimale, pour différent types de terres cuites, d'après Winkler.

Position des argiles de Campine, par rapport à ces zones.

couches. Ainsi, la fraction plus petite que deux microns varie de 27 à 60 % en poids, la couche du sol (n° 1) étant exceptée, car elle contient, normalement, une importante fraction de particules sableuses (entre 60 et 200 microns).

Par ailleurs, on n'a pu établir aucune relation entre la granulométrie et l'aspect des couches. Ainsi, par exemple, les couches 6 et 7, d'aspect identique et séparées seulement l'une de l'autre par une mince couche de calcaire, présentent des granulométries très différentes, tandis que les couches 4 et 5, très différentes d'aspect, possèdent des granulométries analogues.

Il est probable que la matière organique dispersée dans l'argile joue un rôle important dans l'aspect extérieur de cette argile. L'étude de cette matière organique et de son influence sur la qualité des terres cuites mériterait, elle aussi, d'être entreprise.

Pour la pratique, nous signalerons encore que les difficultés que nous avons rencontrées pour lutter contre les agglomérats et obtenir une bonne dispersion des particules argileuses de certaines couches montrent la nécessité d'une préparation très soigneuse et rigoureusement contrôlée de l'argile de ces couches avant le passage dans l'extrudeuse pour la fabrication de terres cuites, si l'on veut obtenir des produits finis de qualité constante.

Le diagramme triangulaire de la figure 14 (points 2 à 17), situe la production briquetière de Campine dans les différentes zones d'utilisation optimale des argiles mises en évidence par Winkler. Cet auteur exprime la granulométrie par trois classes fondamentales, qui constituent les sommets du triangle équilatéral ; il range dans la classe 1 les particules plus petites que 2 microns, dans la classe 2, les particules de dimension supérieure à 2 microns et inférieure à 20 microns et dans la classe 3, les particules plus grandes que 20 microns. Il étudie ensuite, systématiquement, la granulométrie et les qualités des principaux types de terre cuite : hourdis, tuiles, briques creuses et pleines et il donne, pour chaque type, les limites granulométriques des trois classes précitées. Ces limites sont exprimées en trait épais dans le diagramme triangulaire.

Nous avons étudié 17 échantillons de briques crues, provenant de 10 briqueteries de Campine (n° 2 à 17) et, pour comparaison, un échantillon typique de brique à construction rapide du Rupel (n° 1). Les échantillons 2, 3, 4 et 5 étaient des échantillons de briques de construction rapide, 6 et 7, de parement, 8, 9, 10 et 11, pleines, 12 à 18, creuses.

Des résultats exprimés dans le diagramme triangulaire, on peut faire les constatations suivantes :

1) dans l'ensemble, les argiles de Campine devraient pouvoir être utilisées pour fabriquer une plus grande variété de produit que celle des produits actuellement fabriqués ;
2) les gisements campinois présentent des granulométries très variées ;
3) dans les fabrications actuelles, les compositions granulométriques diffèrent fortement, à l'intérieur de chaque catégorie de briques.

Si la granulométrie n'est qu'un des nombreux paramètres qui conditionnent la qualité des terres cuites, l'étude préliminaire que nous venons de faire montre qu'une étude systématique de toutes les caractéristiques des argiles s'impose, si l'industrie de la terre cuite veut valoriser au mieux la matière première dont elle dispose.

22. ENVIRONNEMENT

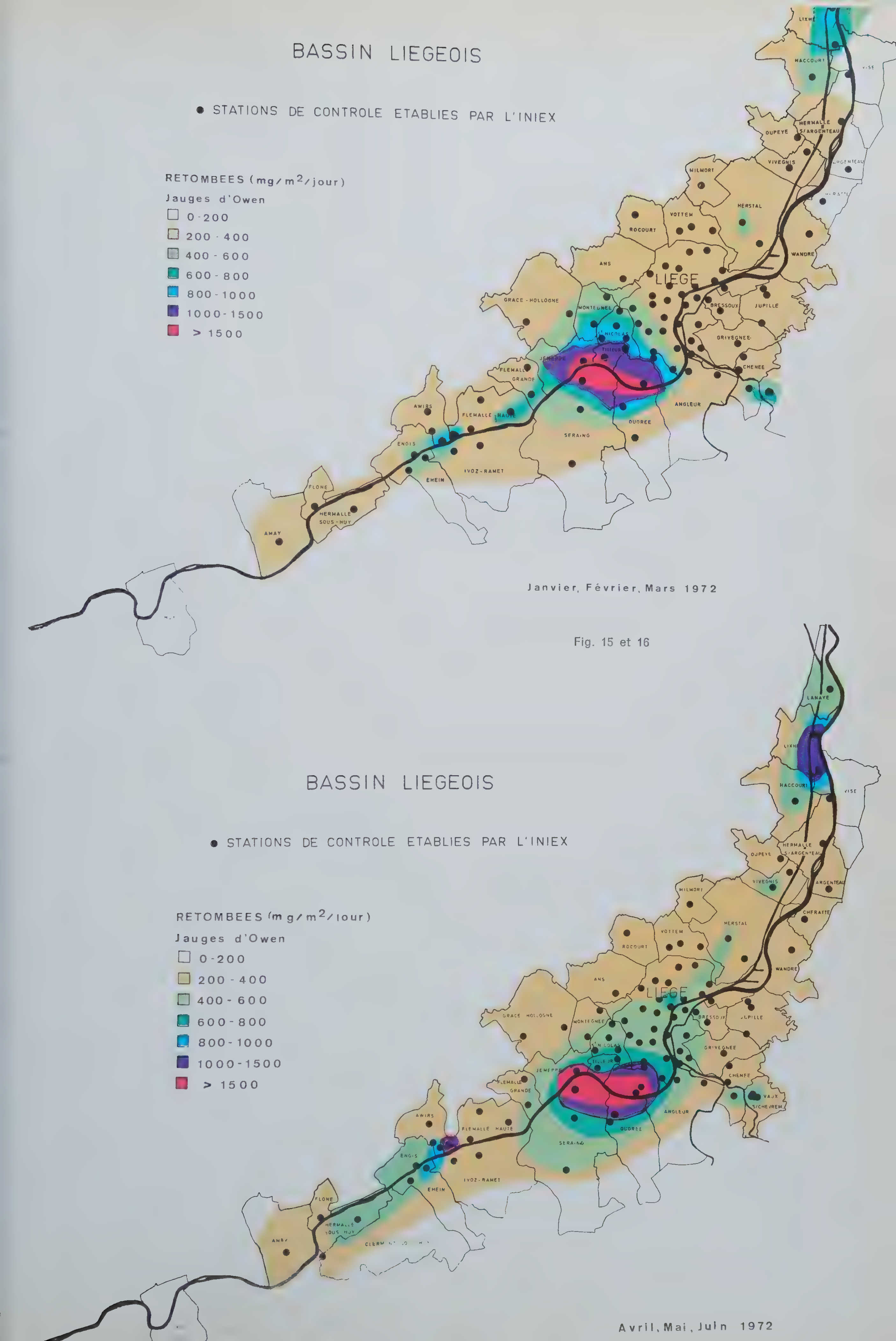
Depuis le début de l'année 1972, l'étude de l'environnement et, plus particulièrement, de la pollution industrielle, est devenue un des principaux domaines d'activité du laboratoire.

Nos travaux ont surtout porté sur l'étude à l'immission de la pollution industrielle par les poussières sédimentables et le soufre, mais nous avons aussi étudié la pollution par les hydrocarbures et collaboré au réseau national de contrôle « Soufre-Fumées » du Ministère de la Santé Publique. Dans un domaine très différent, nous avons étudié l'action de mousses de polyuréthane dans l'épuration des eaux résiduaires chargées de graisse et d'huile.

221. Contrôle, à l'immission, de la pollution atmosphérique industrielle

2211. Réseau de contrôle de la région industrielle liégeoise

Au mois d'octobre 1971 et en accord avec les autorités provinciales et communales compétentes, le laboratoire a entrepris l'installation d'un réseau de contrôle de la pollution par les poussières sédimentables, dans l'ensemble du bassin industriel liégeois. Ce réseau comprend actuellement 101 stations, réparties dans 38 communes échelonnées dans la vallée de la Meuse, depuis Amay jusque



BASSIN LIEGEOIS
● STATIONS DE CONTROLE ETABLIES PAR L'INIEX
RETOMBEES (mg/m2/jour)
Jauges d'Owen
0-200
200-400
400-600
600-800
800-1000
1000-1500
> 1500
LIEGE
GRACE-HOLLOGNE
ANS
ROCOURT
VOTTEM
MILMORT
HERSTAL
WANDRE
JUPILLE
BRESSOUX
GRIVEGNEE
CHENEE
ANGLEUR
OUGREE
SERAING
JEMEPPE
TILLEUR
MONTEGNEE
FLEMALLE GRANDE
FLEMALLE HAUTE
AWIRS
ENGIS
EHEIN
IVOZ-RAMET
FLONE
HERMALLE SOUS-HUY
AMAY
OUPEYE
VIVEGNIS
HERMALLE S/ARGENTEAU
HACCOURT
LIXHE
VISE
Janvier, Février, Mars 1972
BASSIN LIEGEOIS
● STATIONS DE CONTROLE ETABLIES PAR L'INIEX
RETOMBEES (mg/m2/jour)
Jauges d'Owen
0-200
200-400
400-600
600-800
800-1000
1000-1500
> 1500
LANAYE
LIXHE
HACCOURT
VISE
CHERATTE
VAUX S/CHEVREM.
Avril, Mai, Juin 1972

Fig. 15 et 16

Lanaye, et dont 28 se situent sur le territoire de la Ville de Liège.

Chaque station est équipée d'une jauge de dépôt (OWEN) et d'une plaque vaselinée (DIEM).

Sur les jauges de dépôt et par périodes indivises successives de 4 semaines, les poussières sédimentables et les précipitations atmosphériques sont recueillies dans le récipient. A la fin de la période d'exposition, on mesure le pH de l'eau recueillie et on effectue ensuite les déterminations suivantes :

— volume d'eau recueillie,
— masse des matières solubles,
— masse des matières insolubles,
— masse totale des matières déposées,
— masse des ions SO^4.

Les matières déposées et les ions SO^4 sont exprimés en mg/m²/jour.

Sur les plaques vaselinées, exposées horizontalement dans l'air extérieur, par périodes indivises successives de 2 semaines, on détermine la masse des poussières. Les retombées sont exprimées en mg/m²/jour.

A partir des résultats analytiques obtenus sur les jauges et les plaques, on a établi, jusqu'à présent, pour les deux premiers trimestres de 1972, des cartes de secteurs d'isopollution de la région industrielle liégeoise. Les figures 15 et 16 se rapportent à la masse totale des retombées mesurées par les jauges, respectivement pour le premier et le deuxième trimestre.

Comme il fallait s'y attendre, on observe, aux alentours de certaines usines sidérurgiques, une forte retombée de poussières sédimentables. Une partie de ces retombées se propage sur la partie ouest de la ville de Liège au cours du premier trimestre et sur une plus grande partie de la ville pendant le deuxième trimestre. On relève également une accentuation de la pollution au voisinage des cimenteries et, dans une moindre mesure, près de la centrale électrique des Awirs, avec, ici également, un accroissement de la pollution pour le deuxième trimestre. En dehors de ces secteurs, le niveau des retombées de poussières sédimentables reste compris entre 200 et 400 mg/m²/jour.

On notera tout spécialement que les alentours de la nouvelle usine sidérurgique de Cockerill, à Chertal, au nord de Liège, indiquent un niveau de retombée de poussières égal à la moyenne enregistrée sur la région liégeoise et très inférieur à celui de la région de Seraing-Ougrée-Jemeppe.

A titre d'exemple, nous avons repris aux tableaux V, VI et VII, représentés aux diagrammes des figures 17, 18 et 19, l'évolution de la pollution, au cours de l'année 1972, pour trois stations de la région liégeoise. Pour chacune des stations, nous avons représenté la variation de la masse des matières solubles, des matières insolubles et de leur total, recueillies dans les jauges ainsi que la masse des poussières déposées sur les plaques.

Le pourcentage de la fraction soluble dans le total des matières recueillies est lié à la nature des poussières déposées. Ainsi, dans la région des cimenteries (Lixhe), les matières solubles représentent en moyenne 50 % de la masse des poussières totales, tandis que, dans la région sidérurgique (Ougrée), elles en constituent seulement 12 % et, dans un site typiquement urbain (rue des Rivageois), 32 %.

La mesure des retombées par les plaques vaselinées conduit systématiquement à des valeurs nettement plus faibles que celles obtenues par les jauges. L'écart est particulièrement important dans la région des cimenteries où, comme le montre notre premier exemple, la masse des poussières recueillies sur la plaque ne représente que 44 % de la masse totale des poussières récoltées dans la jauge. Cette différence peut s'expliquer par le fait que la pluie peut éliminer les matières solubles (50 % du total) de la plaque et entraîner mécaniquement une partie des poussières.

Dans les deux stations prises comme exemple pour les milieux sidérurgique et urbain, la masse des poussières des plaques représente 64 % de la masse des poussières totales des jauges.

Après une campagne de mesure, qui a duré plus d'une année et comporté quelque 2500 analyses de plaques et 1400 analyses de jauges, il nous semble que, pour les contrôles de longue durée, la mesure des retombées au moyen des plaques peut être abandonnée au profit de la méthode des jauges de dépôt.

2112. **Autres stations de contrôle**

Outre les stations faisant partie du réseau du bassin industriel liégeois, nous avons installé des stations équipées de jauge de dépôt, à la demande de l'Administration des Mines ou d'industriels désireux de connaître le niveau de pollution aux environs de leurs installations, à

— Burcht : 4 stations,
— Rumst : 4 stations,
— Chanxhe : 4 stations,
— Vaux-sous-Chèvremont : 4 stations,
— Gembloux : 2 stations.

Fig. 17. — Variations des retombées de poussières au cours de l'année 1972 dans une zone de cimenteries : Lixhe, rue de Liège. Poussières solubles, poussières insolubles, poussières totales, recueillies par jauge de dépôt et par plaquette vaselinée.

Fig. 18. — Variations des retombées de poussières, au cours de l'année 1972 dans une zone sidérurgique : Ougrée, château de Sclessin. Poussières solubles, poussières insolubles, poussières totales, recueillies par jauge de dépôt et par plaquette vaselinée.

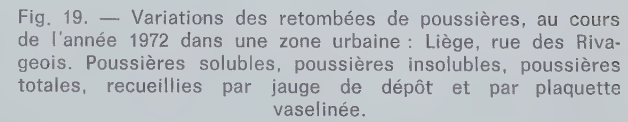


Fig. 19. — Variations des retombées de poussières, au cours de l'année 1972 dans une zone urbaine : Liège, rue des Rivageois. Poussières solubles, poussières insolubles, poussières totales, recueillies par jauge de dépôt et par plaquette vaselinée.

Tableau V

Retombées de poussières, en 1972, dans une zone de cimenteries. Lixhe, rue de Liège. Mesures par jauge de dépôt et plaquette vaselinée

Période d'exposition	Jauge de dépôt						Plaque vaselinée	
	Nombre de jours	Poussières totales TJ	Matières insolubles IJ		Matières solubles SJ		Poussières totales TP	
		mg/m²/jour	mg/m²/j.	$\frac{IJ}{TJ} \times 100$	mg/m²/j.	$\frac{SJ}{TJ} \times 100$	mg/m²/j.	$\frac{TP}{TJ} \times 100$
06.01.72 — 03.02.72	28	420	189	45,0	231	55,0	161	38,3
03.02.72 — 02.03.72	28	550	253	46,0	297	54,0	283	51,5
02.03.72 — 30.03.72	28	986	572	58,0	413	41,9	377	38,2
30.03.72 — 27.04.72	28	1454	781	53,7	672	46,2	414	28,5
27.04.72 — 25.05.72	28	799	328	41,1	471	58,9	377	47,2
25.05.72 — 22.06.72	28	1324	720	54,4	604	45,6	594	44,9
22.06.72 — 19.07.72	27	1652	1020	61,7	632	38,3	760	46,0
19.07.72 — 17.08.72	29	1266	729	57,6	536	42,4	674	53,2
17.08.72 — 14.09.72	28	808	357	44,2	452	55,9	426	52,7
14.09.72 — 12.10.72	28	655	313	47,8	342	52,2	338	51,6
12.10.72 — 09.11.72	28	1103	578	52,4	524	47,5	508	46,1
09.11.72 — 07.12.72	28	1286	563	43,8	723	56,2	315	24,5
				Moyenne 50,5		Moyenne 49,5		Moyenne 43,6

Tableau VI

Retombées de poussières, en 1972, dans une zone sidérurgique. Ougrée, château de Sclessin. Mesures par jauge de dépôt et plaquette vaselinée.

Période d'exposition	Jauge de dépôt						Plaque vaselinée	
	Nombre de jours	Poussières totales TJ	Matières insolubles IJ		Matières solubles SJ		Poussières totales TP	
		mg/m²/jour	mg/m²/j.	$\frac{IJ}{TJ} \times 100$	mg/m²/j.	$\frac{SJ}{TJ} \times 100$	mg/m²/j.	$\frac{TP}{TJ} \times 100$
04.01.72 — 01.02.72	28	2451	2218	90,5	233	9,5	1563	63,8
01.02.72 — 29.02.72	28	2325	2118	91,1	207	8,9	1580	68,0
29.02.72 — 28.03.72	28	2236	2008	89,8	229	10,2	1692	75,7
28.03.72 — 25.04.72	28	3874	3495	90,2	379	9,8	1587	41,0
25.04.72 — 23.05.72	28	2295	2011	87,6	284	12,4	1667	72,6
23.05.72 — 20.06.72	28	4102	3652	89,0	450	11,0	2286	55,7
20.06.72 — 17.07.72	27	4589	4177	91,0	412	9,0	2886	62,9
17.07.72 — 14.08.72	28	3918	3428	87,5	490	12,5	1314	33,5
14.08.72 — 12.09.72	29	2450	2089	85,3	361	14,7	1787	72,9
12.09.72 — 10.10.72	28	1453	1134	78,0	319	22,0	1076	74,1
10.10.72 — 07.11.72	28	2603	2199	84,5	404	15,5	2562	98,4
07.11.72 — 05.12.72	28	4796	4257	88,8	540	11,2	2340	48,8
				Moyenne 87,8		Moyenne 12,2		Moyenne 64,0

Tableau VII

Retombées de poussières, en 1972, dans une zone urbaine. Liège, rue des Rivageois. Mesures par jauge de dépôt et plaquette vaselinée.

Période d'exposition	Jauge de dépôt						Plaque vaselinée	
	Nombre de jours	Poussières totales TJ	Matières insolubles IJ		Matières solubles SJ		Poussières totales TP	
		mg/m²/jour	mg/m²/j.	$\frac{IJ}{TJ} \times 100$	mg/m²/j.	$\frac{SJ}{TJ} \times 100$	mg/m²/j.	$\frac{TP}{TJ} \times 100$
29.12.71 — 27.01.72	29	313	214	68,4	99	31,6	159	50,8
27.01.72 — 24.02.72	28	376	289	77,0	87	23,0	324	86,2
24.02.72 — 23.03.72	28	366	278	76,1	87	23,9	253	69,1
23.03.72 — 21.04.72	29	751	540	71,9	211	28,1	550	73,2
21.04.72 — 18.05.72	27	440	282	64,2	157	35,8	297	67,5
18.05.72 — 15.06.72	28	682	506	74,2	176	25,8	541	79,3
15.06.72 — 13.07.72	28	852	650	76,3	202	23,7	638	74,9
13.07.72 — 10.08.72	28	651	402	61,7	250	38,3	315	48,4
10.08.72 — 07.09.72	28	445	286	64,3	159	35,7	206	46,3
07.09.72 — 05.10.72	28	551	317	57,6	234	42,4	296	53,7
05.10.72 — 03.11.72	29	335	205	61,2	130	38,8	228	68,1
03.11.72 — 01.12.72	28	774	527	68,1	247	31,9	468	60,5
				Moyenne 68,4		Moyenne 31,6		Moyenne 64,8

2213. **Autres travaux sur la pollution industrielle**

Participant aux travaux de normalisation nationale (IBN) et internationale (ISO) des méthodes pour le contrôle de pureté de l'air, le laboratoire a notamment équipé la station d'INIEX de plusieurs séries de plaques et de jauges afin de déterminer la fidélité des méthodes et l'influence de certains paramètres (fig. 20).



Fig. 20. — Station d'INIEX, à Liège, pour le contrôle de la pollution atmosphérique : 5 jauges de dépôt, 3 séries de plaquettes vaselinées et un capteur de poussières.

Nous avons analysé une série de 12 plaques vaselinées, disposées sur un même support horizontal (reproductibilité), une série de 8 plaques placées sur un mât, à des hauteurs différentes (influence de la hauteur d'exposition par rapport au sol) et une série de 6 plaques prélevées après des durées croissantes d'exposition (saturation).

Pour les jauges, une série de 5 jauges placées sur un même plan horizontal est analysée (reproductibilité).

Enfin, nous avons étudié la dissolution de la vaseline dans 6 solvants différents, sur une série de plaques et pour des poussières de différentes natures.

Membre de la Commission « Harmonisation des méthodes d'analyse d'air », le laboratoire a rédigé, pour cette commission, deux avant-projets, puis deux projets intitulés : « Mesure des retombées au moyen des jauges de dépôt » et « Mesure des retombées au moyen de plaquettes vaselinées ».

Au cours de l'année, nous avons fait l'acquisition de 4 capteurs de poussières atmosphériques (C.P.A.), type Cerchar. Ces appareils sont en service depuis juin 1972. Le principe de la méthode

consiste à capter, sur un filtre en mousse de polyuréthane tournant à 5000 tours/minute, les poussières aspirées avec un débit d'air de 0,6 m^3/heure. Après une période de 7 jours, les filtres sont enlevés et pesés. La différence de masse entre le filtre chargé de poussières et le filtre vierge permet de calculer la concentration en poussières exprimée en g/m^3.

222. Participation au réseau national de contrôle « Soufre-Fumées » (SF) du Ministère de la Santé Publique

Depuis le mois de septembre 1972, nous contrôlons, pour le Ministère de la Santé Publique, cinq stations SF installées dans le Limbourg. En outre, un appareil SF est en fonctionnement au laboratoire depuis le début de l'année. Chaque semaine, on procède à la récolte des filtres retenant les fumées et les flacons laveurs absorbant le SO^2. Nous avons procédé, durant cette année, à 868 dosages de SO^2 et de fumées. Les résultats, qui expriment la concentration moyenne par 24 heures du SO^2 et des fumées, sont transmis à l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie et publiés dans le Bulletin mensuel « Pollution atmosphérique Fumées et SO^2 », édité par l'Institut Royal Météorologique de Belgique.

223. Etude de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures et, en particulier, par le 3-4 benzopyrène

L'action cancérigène de certains hydrocarbures et, en particulier, celle du 3-4 benzopyrène, nous ont incités à poursuivre nos efforts dans ce domaine de recherche. Nous avons donc continué la mise au point d'un système de captage et d'analyse des hydrocarbures par chromatographie en phase gazeuse. De nombreux essais de prélèvement ont été effectués, notamment, en divers points de la ville de Liège et dans la région de Feluy. On a poursuivi aussi l'expérimentation de la méthode d'extraction et de dosage du 3-4 benzopyrène, mise au point à la fin de l'année dernière et qui fera l'objet d'une publication prochaine dans un Bulletin Technique.

224. Utilisation de mousses de polyuréthane pour l'épuration des eaux résiduaires

A la demande d'une firme belge fabriquant ces produits, une étude a été entreprise afin de tester les possibilités d'utilisation de différentes mousses de polyuréthane pour l'épuration d'eaux résiduaires.

On sait que certains types de mousses mises au point aux USA ont été utilisées avec succès pour la récupération de produits hydrocarbonés répandus en mer. Ces mousses possèdent des groupes lipophyles, greffés sur la structure de base de la résine, qui leur confèrent des propriétés susceptibles d'être utilisées pour l'épuration de certains types d'effluents.

Les mesures réalisées sur plus de 40 mousses de nature, épaisseur ou réticulation différentes, ont montré que le volume d'huile retenu par elles est indépendant de la nature de l'huile et essentiellement fonction du type et de la masse de mousse employée.

Le pouvoir filtrant des mousses possédant la réticulation la plus dense a été mesuré sur de l'eau de la Vesdre, qui contient des particules dont la grandeur moyenne est supérieure à 100 μ. Après filtration, cette grandeur moyenne s'abaisse à environ 50 μ. Les filtres qui ne se colmatent pas donnent des résultats médiocres et ne peuvent être utilisés que pour des préfiltrations grossières.

En testant ces filtres pour l'épuration de l'eau d'aquariums, nous avons constaté que certains types de mousses contiennent des produits toxiques pour la faune et la flore aquatiques (par exemple, des colorants). Leur emploi ne pourra donc être envisagé qu'après des mesures d'innocuité.

Par ailleurs, on a observé, après trois semaines d'utilisation en milieu légèrement acide (pH $\simeq$ 6), une décomposition progressive de la mousse. C'est pourquoi, on a aussi testé la résistance à l'hydrolyse des deux grands types de mousse de polyuréthane.

Les mousses de type polyester sont les moins résistantes, un début de décomposition apparaissant déjà après 8 jours de trempage dans une eau acidulée (pH $\simeq$ 4,5).

Les mousses de type polyéther résistent mieux. Quand on les expérimente dans les mêmes conditions, le début de leur décomposition n'apparaît qu'après trois semaines de trempage.

Sur base des résultats de ces analyses préliminaires et compte tenu des propriétés de ces mousses, il semble que leur utilisation devrait être envisagée surtout pour l'épuration d'effluents contenant des huiles ou des graisses, c'est-à-dire des effluents des huileries, margarineries et beurreries. Les eaux résiduaires des huileries et des margarineries contiennent, en effet, des quantités appréciables de graisse et d'huile végétale ou animale. Elles contiennent, par exemple, encore 80 ppm d'huile après une préfiltration sur filtre grossier destiné à retenir la majeure partie des graisses.

En utilisant un second filtre spécifique, nous avons abaissé cette teneur en huile à moins de 20 ppm.

L'épuration des eaux de lavage des beurreries a posé beaucoup de problèmes. Ces eaux contiennent des quantités appréciables de graisse (0,85 g/litre) qui, en principe, et d'après nos résultats antérieurs, aurait dû être facilement retenue. Mais, comme elles contiennent aussi des quantités importantes de caséine (de 3 à 6 g/litre) non filtrable, qui entraîne avec elle des quantités importantes de graisse, la simple filtration, même sur filtre lipophyle, ne retient que des quantités relativement faibles de graisse. L'utilisation de filtre ultrafin pour la rétention de la caséine n'étant pas possible à cause de leur colmatage très rapide, on a dû d'abord rechercher une méthode de floculation de la caséine, pour pouvoir la filtrer facilement et rapidement sans colmatage. En adaptant la température et le pH du milieu, on est parvenu à obtenir une caséine bien floculée et facilement filtrable, même sur un filtre à mailles relativement larges et à abaisser, par exemple, à 70 ppm la teneur en caséine d'un effluent qui en contenait initialement 3000.

23. POLYMERES

Les travaux de la section ont été poursuivis suivant les deux thèmes adoptés comme lignes conductrices : l'incorporation de matières minérales dans les matières plastiques et l'amélioration de la tenue au feu. Chacun de ces thèmes est développé dans deux directions différentes.

En ce qui concerne les matières minérales, on considère, d'une part, l'incorporation massive pour constituer des bétons résineux et, d'autre part, l'incorporation de quantités beaucoup moins importantes en vue de l'amélioration de certaines caractéristiques d'utilisation.

Pour le comportement au feu, les deux directions sont : l'amélioration de la tenue au feu des matières plastiques et l'analyse de leurs fumées de combustion.

En dehors des thèmes principaux, l'analyse thermique des polymères a également connu en 1972 des développements importants.

231. Incorporation de matières minérales

2311. Béton résineux

Un béton résineux est un béton dans lequel on a substitué une résine synthétique à la pâte classique de ciment et d'eau. Nous nous trouvons donc en présence d'une résine fortement chargée de matières minérales.

Un béton résineux se compose généralement de 10 à 20 % de résine, le plus souvent polyester ou époxyde, et de 90 à 80 % de charges minérales assez grossières dont la répartition granulométrique peut varier dans un domaine assez large.

La résine confère à ce nouveau matériau des caractéristiques mécaniques supérieures à celles du béton classique. La résistance à la compression des bétons résineux vaut en général 2 à 3 fois celle des bétons classiques et leur résistance à la traction est de 5 à 7 fois plus grande. La résistance chimique est également supérieure et l'absorption d'eau est inférieure à 0,5 %.

Ce matériau a très rapidement trouvé de nouveaux débouchés et ses utilisations peuvent être classées dans le domaine de l'utilitaire, du préfabriqué et du décoratif.

Nous nous sommes plus particulièrement penchés sur les applications des bétons de résine polyester dans le domaine du décoratif avec un objectif précis : celui d'utiliser une partie des déchets des carrières.

Les recherches entreprises pour la fabrication de reconstitués à base de résine et de concassés de marbre ou de petit granit se subdivisent en deux parties :

- Coulée de blocs qui sont débités, soit en tranches d'épaisseur de l'ordre de 2 à 10 mm qui peuvent être collées ensuite sur des supports bon marché, soit en tablettes d'une épaisseur supérieure à 10 mm qui sont utilisées sans support.
- Réalisation d'un reconstitué de faible épaisseur qui, suivant la technique mise en œuvre et la résistance du support considéré, peut être appliqué directement sur le support ou y être collé par la suite.

La coulée de blocs a été précédée, en laboratoire, d'une étude d'adaptation des différents paramètres qui a nécessité plus de 150 essais. Ces recherches ont exigé, entre autres, une étude de la répartition granulométrique des charges, des pourcentages en additifs réglant la viscosité de la résine ou facilitant l'ébullage, des systèmes catalytiques, des temps et caractéristiques de vibration, de l'influence du vide, des possibilités de pigmentation, de l'emploi de résines plus fluides et de meilleure mouillabilité.

Ces recherches systématiques ont conduit tout d'abord à la fabrication de blocs de 20 x 20 x 20 cm réalisés, sous vide, sur une table vibrante.

L'extrapolation des résultats obtenus au laboratoire a conduit à la fabrication de blocs, de dimensions beaucoup plus importantes, coulés dans un moule de 125 x 65 x 40 cm placé sur une table vibrante industrielle mise au point à INIEX.

Des blocs de 600 kg ont été coulés. Les caractéristiques mécaniques du matériau permettent son débitage en lamelles dont l'épaisseur peut être réduite à 3 ou 4 mm. Après avoir été polies ou taillées, ces lamelles peuvent être collées sur des supports variés comme le bois, la brique, les mousses expansées. Cette combinaison conduit à un composite léger, utilisable pour la fabrication de cloisons de lambris, d'éléments de façade.

L'aspect du matériau poli ou taillé est tout à fait comparable à celui d'un produit naturel traité de la même façon. Pour varier l'effet décoratif, il peut être modifié, soit au moyen de pigments, soit par incorporation de pierres de teintes différentes.

On a également tenté la réalisation directe d'un reconstitué de faible épaisseur. Trois techniques ont été envisagées : le pressage, le laminage et la vibration-damage.

Par pressage, des éléments de 20 x 20 x 0,4 cm ont été réalisés. Les pressions à mettre en œuvre pour l'obtention d'un matériau sans bulle doivent atteindre 75 kg/cm². Ceci limite les supports utilisables si on désire presser la matière directement sur ceux-ci. Il est possible de réduire la pression nécessaire en fluidifiant le mélange, ce qui entraîne l'utilisation de quantités plus importantes de résine. Il est également possible de coller sur le support la plaque du reconstitué préalablement pressée.

La technique de laminage sur support a permis d'obtenir des éléments d'environ 65 x 30 cm, formés d'une couche de reconstitué de 3 à 5 mm laminée sur différents types de supports préencollés. Si l'aspect de surface après polissage présente encore quelques bulles de faible diamètre, il est possible d'y remédier par un enduisage ultérieur. La pression à mettre en œuvre est nettement moins forte que dans la technique de pressage et elle autorise l'emploi d'une plus large gamme de supports.

La technique de vibration-damage donne, quant à elle, de bons résultats sur des supports de petites dimensions. Par contre, pour de grands supports, le fini de surface doit être amélioré.

Certaines caractéristiques mécaniques, physiques et chimiques du nouveau matériau ont été déterminées. Des mesures de flexion, d'usure, de stabilité à chaud et d'absorption d'eau à température ordinaire et à l'ébullition ont été faites dans les laboratoires du Génie Civil de l'Université de Liège. Les résultats sont positifs. Les essais doivent encore être complétés.

La tenue au feu a été vérifiée suivant le test « Herpol » qui est décrit au paragraphe 2322. Une plaque de reconstitué de 3 mm d'épaisseur a été collée sur un support amiante-brique de terre de diatomées et soumise au test; aucune inflammation n'a été observée, seul un brunissement de la plaque à l'endroit de l'attaque des brûleurs et du radiateur était visible après l'essai.

Des essais de résistance aux taches et à différents agents chimiques ont été réalisés sur une plaque polie en s'inspirant du cahier des charges 104 pour revêtement de sols. Les résultats sont fort semblables à ceux obtenus, dans les mêmes conditions, à partir d'une plaque de marbre naturel.

2312. **Amélioration des performances des matières plastiques**

Si, pour les bétons résineux, une connaissance de la répartition granulométrique et de la forme des particules des matières minérales suffit généralement, il n'en est pas de même dans le cas des charges utilisées pour modifier les performances des matières plastiques. Outre la répartition granulométrique, il faut déterminer une série de constantes physiques comme, par exemple, la densité, le pH, l'alcalinité, l'acidité, certaines propriétés thermiques et électriques, l'état de surface, la dureté et réaliser une analyse chimique détaillée, y compris le dosage des impuretés à l'état de traces.

Nous avons entamé une étude de caractérisation des charges d'origine belge, et en particulier de carbonates de calcium et de silices, susceptibles d'être incorporées dans les matières plastiques.

La prochaine étape dans ce domaine consistera en l'incorporation proprement dite, notamment de carbonates dans le chlorure de polyvinyle. Ces essais seront réalisés à l'aide du mélangeur à cylindres qui nous a été fourni en fin d'année.

Le deuxième Bulletin technique de la série « Polymères » a été publié. Il traite des méthodes générales de préparation des charges inorganiques naturelles et synthétiques et passe en revue les divers types d'application où elles interviennent. Les utilisations des carbonates de calcium et des silices sont spécialement développées.

2313. **Colles et imprégnation de fissures**

Le problème des colles dans l'industrie du marbre et du petit granit a été abordé pour plusieurs raisons. D'abord, pour connaître leurs possibilités exactes; ensuite, dans le but de faciliter leur mise en œuvre et d'améliorer leurs performances; enfin, et surtout, parce que nous croyons que les adhésifs modernes peuvent apporter des solutions techniques intéressantes à de nombreux problèmes. Nous pensons plus particulièrement à la préfabrication de panneaux par collage de plaques de marbre ou de petit granit de grandes dimensions et d'épaisseur de 15, 10 ou même 5 mm sur des supports variés.

Les colles actuelles sont généralement à base de résines polyesters ou époxydes. Les colles polyesters sont actuellement les plus utilisées. Elles ne sont pas sans posséder de sérieux inconvénients et les résistances des collages sont variables suivant les produits et les conditions extérieures, le rôle de la température sur le temps de prise étant prépondérant. Par ailleurs, si leur tenue est excellente sur des surfaces sèches, les résultats sont beaucoup moins satisfaisants sur des surfaces humides.

Les colles époxydes, tout en étant plus faciles à utiliser, donnent de meilleurs résultats. Malheureusement, elles ont l'inconvénient d'un prix nettement plus élevé.

Le tableau VIII montre des valeurs de résistance en flexion pour des essais de collage sur des éprouvettes de calcaire de Dieupart. La colle est du type polyester, chargée de différents types de silices. L'éprouvette est d'abord testée en flexion jusqu'à rupture dans le but d'avoir une valeur de référence; les morceaux sont ensuite recollés, puis une nouvelle mesure est effectuée. Les valeurs dans chaque cas sont une moyenne correspondant à 10 essais. Les résultats montrent que, dans les meilleures conditions la résistance de l'éprouvette recollée n'est pas loin de la valeur de référence. Ils montrent également que la charge incorporée peut avoir une influence importante sur les performances.

Tableau VIII

Essais de collage sur éprouvettes de calcaire de Dieupart
Valeurs des résistances en flexion
Résine polyester FR + différents types de silice)

N° Colle	Résistance (kg/cm^2)	Coefficient de variation (%)
I	181	17,7
II	203	19,3
III	203	32,8
IV	220	15,6
Référence	240	20,7

L'étude de l'imprégnation a été entreprise dans le but de consolider les plaques ou tablettes de marbre ou de petit granit, rendues inutilisables par la présence de fissures. Dans ce cas, il n'y a pas d'incorporation de charges et on tire uniquement parti des propriétés d'adhésivité des résines.

Le problème était de faire pénétrer dans la fissure la résine rendue suffisamment fluide. Pour le résoudre, nous avons construit une table dite d'imprégnation.

Cette table carrée de 40 cm de côté est divisée en quatre parties de 20 x 20 cm. Chacune de ces parties est reliée à une même pompe à vide. Des vannes et des dépressiomètres permettent de régler et de mesurer le vide. Un joint de silicone est logé dans une encoche sur tous les côtés de l'ensemble.

La plaque à traiter est déposée sur la table et, suivant les dimensions, on utilise une partie ou l'entièreté de la surface. Le joint de silicone assure une étanchéité parfaite et il se crée une dépression. Il suffit alors de déposer la résine à l'endroit fissuré : il y a aspiration, pénétration et colmatage de la fissure. La plaque se trouve ainsi renforcée.

Tableau IX

Imprégnation de calcaire de Dieupart
Valeurs des résistances en flexion

Résines d'imprégnation	Résistance (kg/cm^2)	Coefficient de variation (%)
Polyester	20	40,9
Polyester-Styrène (9 %)	68	30,8
Polyuréthane-Xylène (40 %)	154	49,3
Polyuréthane-Xylène (50 %)	201	26,3
Polyuréthane-Xylène (70 %)	119	57,1

Le tableau IX donne une série de valeurs de résistance en flexion de plaques traitées.

Avant traitement, la résistance peut être considérée comme pratiquement nulle et l'on remarque que l'amélioration peut être très importante. Chaque cas est évidemment un cas d'espèce et il faut régler la fluidité de la résine et la valeur du vide. Avec un peu d'expérience, cet ajustement est assez facile à réaliser.

Les essais sont encore en cours, notamment à l'aide de résines époxydes. Ces essais terminés, il restera à tenter de colorer la résine de façon à donner à la fissure un aspect de veine naturelle et à soumettre les plaques traitées à des cycles de gel-dégel.

232. Comportement au feu

2321. Etude de la réaction au feu

Nos efforts ont porté sur l'équipement d'un laboratoire permettant d'appliquer les tests les plus couramment utilisés pour la détermination de la réaction au feu des matières plastiques. Ce laboratoire doit permettre d'examiner les matériaux dont on souhaite améliorer les caractéristiques de tenue au feu et de répondre aux demandes des industriels désireux de s'assurer de la qualité de leurs produits.

Au cours de 1972, nous avons réuni le matériel nécessaire à la réalisation des tests suivants :

- le test ASTM D-635-68,
- le test Hooker HLT 15,
- le test ASTM D-2863-70 (Indice d'Oxygène Limite),
- le test ISO-R 181 (barreau chauffant),
- le test français, décret n° 57-1161,
- le test Herpol - projet de norme NBN-713.030.

Ces tests sont brièvement décrits ci-après :

Tests ASTM D-635-68 et HLT 15

Il s'agit de deux tests utilisés par la plupart des laboratoires et ne nécessitant pas un montage complexe, l'échantillon étant simplement soumis à la flamme d'un brûleur.

En ce qui concerne le premier de ces tests, et sans entrer dans le détail du mode opératoire, l'essai effectué sur une série de 10 éprouvettes permet de mesurer une vitesse de combustion et de classer le produit testé dans une des catégories suivantes :

- produit combustible (C),
- produit autoextinguible (AE),
- produit non combustible (NC).

Le test HLT 15, utilisé principalement pour mesurer la résistance au feu des produits laminés et chargés, est beaucoup plus sévère. Après cinq ignitions successives et cinq extinctions, la résine reçoit une cote fixée arbitrairement et dont la valeur est comprise entre 0 et 100.

Test ASTM D-2863-70

Il s'agit d'un test d'inflammabilité des résines, mesurant la concentration minimale d'oxygène exprimée en pourcentage de volume dans un mélange gazeux d'oxygène et d'azote, et qui permet la combustion d'un matériau dans les conditions définies par la norme ASTM D-2863-70.

L'appareillage, construit pour mesurer l'Indice d'Oxygène Limite, est représenté à la figure 21.

Le dispositif expérimental utilisé permet de connaître avec une précision suffisante la composition exacte des mélanges oxygène/azote.

Les matériaux plastiques à combustion rapide donnent un indice $\eta < 22{,}5$; ceux à combustion lente ont en général un indice η compris entre 22,5 et 27, et les autoextinguibles un indice limite

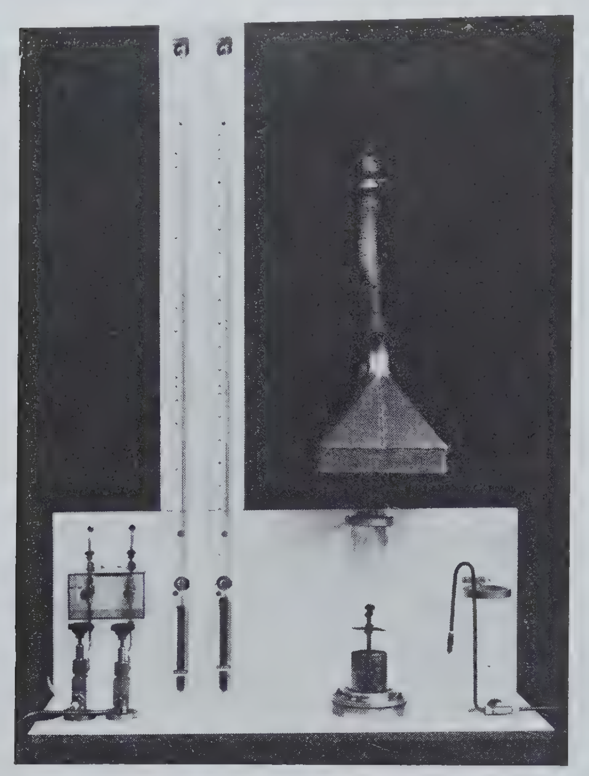


Fig. 21. — Montage selon le test ASTM D-2863-70, pour la détermination de l'Indice d'Oxygène Limite.

supérieur à 27. Plus l'indice d'oxygène est élevé, plus la température requise pour provoquer la combustion, à un taux donné d'oxygène, est élevée.

Cette méthode relativement simple permet de chiffrer quantitativement le degré d'ignifugation obtenu par addition dans les polymères de charges ou d'agents ignifugeants.

Test ISO-R 181

L'appareillage requis par le test ISO-R 181, qui par ailleurs est identique au test ASTM D-757-65, est montré à la figure 22.

Cette méthode d'essai a pour but d'évaluer, par la mise en contact avec une surface portée au rouge, les résistances au feu des matières thermodurcissables du type autoextinguible. La source d'inflammation est constituée par un barreau en silit dont la partie incandescente, d'un diamètre de 8 mm, est portée à 950 °C.

La mesure de la longueur de la résine, dégradée ainsi de la perte du poids après une durée de contact de 3 min, donne un indice de résistance au feu dont la valeur est comprise entre zéro pour un matériau totalement combustible et six pour un matériau non combustible.

Test français

La cabine d'essai français à l'épiradiateur permettant d'établir la classification des matériaux et éléments de construction, selon leur degré d'inflammabilité, est représentée à la figure 23.

L'essai, défini par les arrêtés ministériels français des 9 décembre 1957 et 10 juillet 1965, donne lieu à l'établissement de quatre indices qui sont respectivement :

— un indice de combustibilité (c),
— un indice d'inflammabilité (i),
— un indice de développement des flammes (S),
— un indice de hauteur maximale des flammes (L).

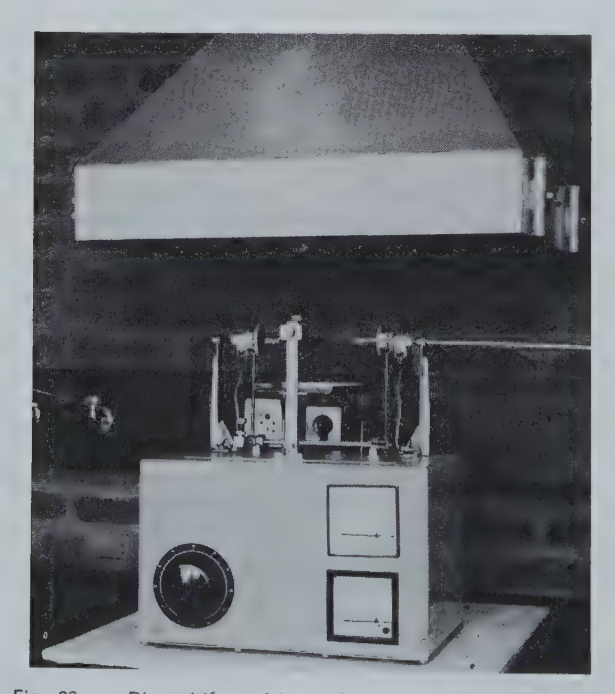


Fig. 22. — Dispositif expérimental du barreau chauffant conforme au test ISO-R 181.



Fig. 23. — Cabine d'essai français pour la mesure du degré d'inflammabilité des matériaux.

La mesure de ces indices permet alors de classer le matériau examiné dans l'une des classes suivantes : non inflammable, difficilement inflammable, modérément inflammable ou facilement inflammable.

Test Herpol - projet de norme NBN-713.030

La cabine d'essai a été construite fin 1971 et au cours de l'année écoulée, après une période de mise au point des conditions opératoires, plus de septante essais ont été effectués. A l'heure actuelle, on peut considérer que l'appareillage est opérationnel. La figure 24 donne une vue générale de l'installation.

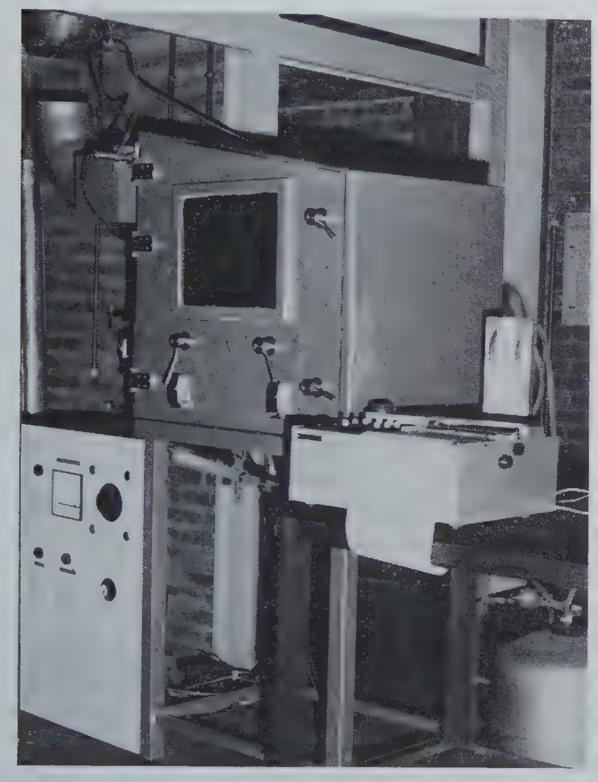


Fig. 24. — Vue générale de l'appareillage pour la mesure de l'indice de réaction au feu suivant le projet de norme NBN-713.030.

Rappelons que la notion d'indice de réaction au feu, introduite par le professeur Herpol, regroupe plusieurs caractéristiques mesurées au cours d'un seul essai.

La conjonction de six critères, qui sont respectivement :

— un critère calorimétrique,
— deux critères d'inflammabilité,
— un critère de vitesse de propagation de la flamme à la surface de l'échantillon,
— deux critères d'opacité des fumées dégagées,

permet de porter un jugement global sur la réaction au feu du matériau essayé.

A titre exemplatif et pour montrer l'intérêt de ce test dans l'étude des procédés d'ignifugation, des plaques polyester, contenant des pourcentages variables de dérivés chlorés et de trioxyde d'antimoine, ont été coulées et leur résistance au feu a été mesurée.

Les indices de performance obtenus sont représentés à la figure 25 en fonction des parts de charges ignifuges pour 100 parts de résine (phr).

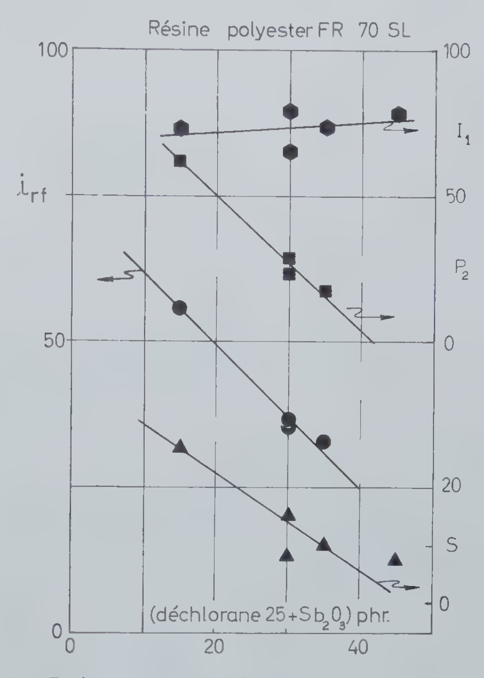


Fig. 25 — Evolution comparée des critères d'inflammabilité, de vitesse de propagation de la flamme et calorifique, en fonction des parts de produits ignifuges pour 100 parts de résine avec un rapport Sb_2O_3/déchlorane 25 = 0,5.

Le critère d'inflammabilité (I_1) est peu modifié et semble même augmenter. Par contre, les critères de vitesse de propagation de la flamme et calorifique diminuent nettement.

Le test Herpol constitue un moyen de corrélation particulièrement avantageux dans l'étude des possibilités de modification de la résistance au feu des résines par incorporation de composés ignifugeants. D'autre part, il fournit simultanément des indications utiles sur l'évolution des divers critères liés à la combustion.

2322. **Analyse des fumées de combustion**

Dans le domaine de l'analyse des fumées de combustion, l'étude comparative des teneurs en oxyde de carbone des fumées de divers matériaux et matières plastiques a été poursuivie. La combustion est réalisée dans un four de laboratoire à 400, 500, 600 et 700 °C. Les résultats obtenus à ce jour sont rassemblés dans la figure 26. Ils concernent la combustion de deux espèces de bois et de diver-

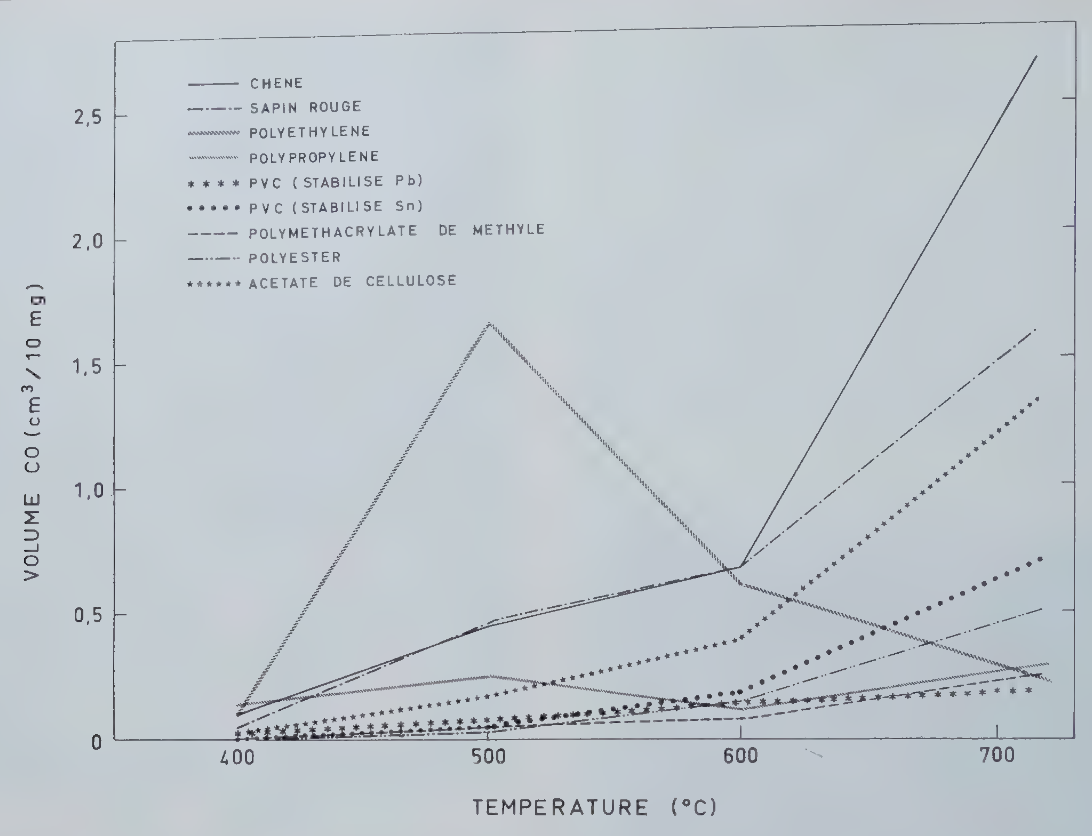


Fig. 26. — Comparaison des teneurs en oxyde de carbone des fumées de combustion de divers matériaux.

ses matières plastiques et ils montrent que, sauf dans un cas, celui du polyéthylène à 500 °C, les quantités d'oxyde de carbone formé sont supérieures dans les produits de combustion du bois. La combustion a été réalisée en présence d'air. Il faut cependant rappeler que les phénomènes qui se passent lors d'un incendie sont extrêmement complexes et que, si nos résultats sont valables dans les conditions que nous avons adoptées, il est trop tôt pour en tirer des conclusions générales. Nous allons poursuivre cette recherche en réalisant la combustion en présence de mélanges d'azote et d'oxygène contenant un pourcentage en oxygène inférieur à celui de l'air, condition d'atmosphère environnante qui se présente couramment lors d'un incendie.

Dans ce domaine des fumées de combustion, nous avons également entamé une étude sur le dégagement d'acide chlorhydrique lors de la combustion du P.V.C. en diverses atmosphères. Cette détermination constitue la première étape d'une recherche ayant pour but la mise au point d'une méthode permettant d'évaluer la corrosivité des fumées de combustion du chlorure de polyvinyle.

233. Analyse thermique

L'analyse thermique des polymères groupe un ensemble de techniques. Les laboratoires d'INIEX sont équipés pour mener à bien ce genre d'analyse et, au cours de 1972, la thermogravimétrie, l'analyse enthalpique différentielle, l'analyse thermomécanique et la pyrolyse couplée à la chromatographie en phase gazeuse, ont été utilisées avec succès dans divers domaines.

La thermogravimétrie permet l'étude de la dégradation thermique des polymères et rend possible leur identification, la détermination de leur seuil de décomposition et l'étude de leur cinétique de décomposition.

A cet effet, divers échantillons ont été soumis à l'action de la température dans le four de la thermobalance. En élevant progressivement la température de 5 °C/min, depuis l'ambiante jusqu'à 650 °C, on peut suivre tout le processus de dégradation.

La figure 27 montre qu'à chaque type de polymère correspond une courbe caractéristique, de sorte qu'un essai réalisé dans les mêmes conditions opératoires avec un polymère inconnu permettrait son identification par comparaison.

Les courbes de la figure 27 permettent en outre de fixer le seuil de décomposition et, par conséquent, la température maximale à laquelle le matériau reste thermiquement stable. Pour les différents types, on peut constater que ce début de décomposition se situe à 60°C environ pour le

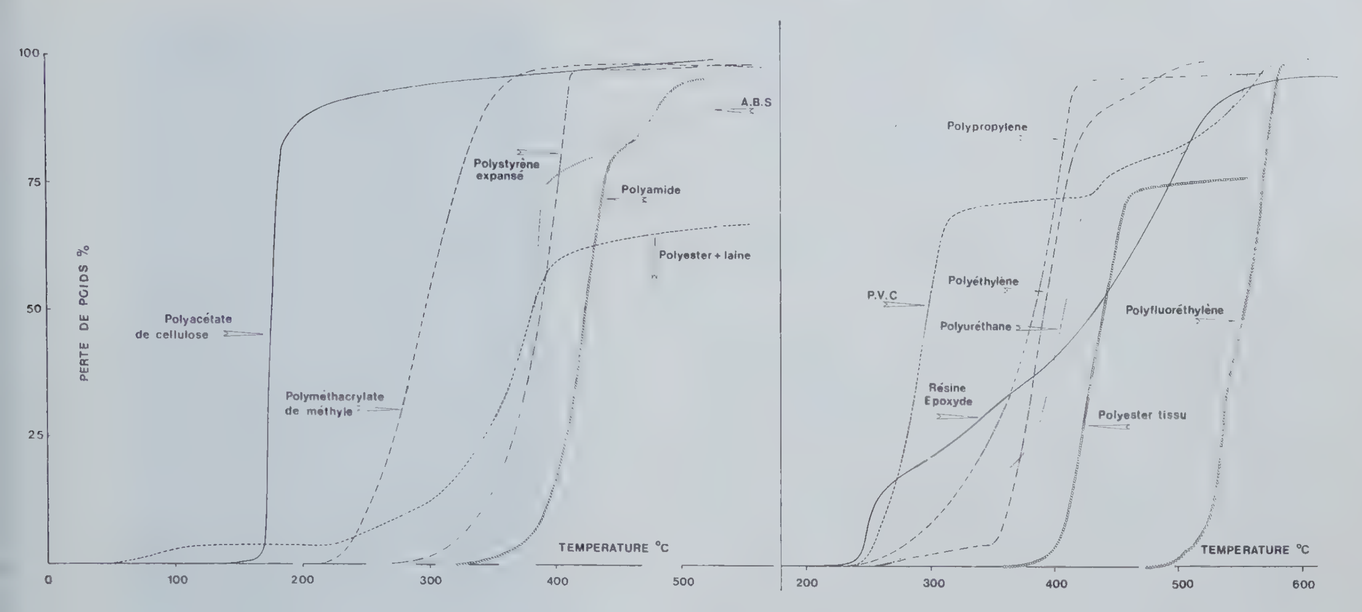


Fig. 27. — Exemples de courbes résultant de l'étude de la dégradation thermique des polymères par thermogravimétrie.

polyester-laine, tandis qu'il est de 475 °C pour le polytétrafluoréthylène (PTFE). Les polyimides-amides résistent à des températures encore plus élevées.

Le tableau X donne par ordre croissant la température correspondant à une perte de poids fixée arbitrairement à 10 % du poids de la matière de départ.

Tableau X

Température observée pour une perte de poids de 10 %

1. Polyacétate de cellulose	171 °C
2. Polyméthacrylate de méthyle	249 °C
3. Résine époxyde	252 °C
4. Chlorure de polyvinyle	262 °C
5. Polyester-laine	280 °C
6. Polypropylène	305 °C
7. Polyuréthane	324 °C
8. Polystyrène expansé	338 °C
9. Polystyrène A.B.S.	356 °C
10. Polyéthylène	360 °C
11. Polyamide	390 °C
12. Polyester (tissu)	410 °C
13. Polytétrafluoréthylène	525 °C

Ce tableau permet de faire un classement suivant la température de décomposition de quelques polymères parmi les plus connus.

L'étude de la cinétique de dégradation, à partir des courbes de la figure précedente, nous fournira sans doute des précisions sur le mécanisme de décomposition et permettra d'approfondir les connaissances de la structure de ces matériaux complexes.

Ces essais de décomposition thermique sont entrepris dans les mêmes conditions opératoires et systématiquement sur des échantillons de polymères de quelque nature ou de quelque provenance qu'ils soient. Quelque 120 thermogrammes ont été enregistrés au cours de l'année écoulée.

L'analyse enthalpique différentielle a permis de suivre le vieillissement de résines époxydes durcies. Les échantillons consistaient en éprouvettes de résine Epikote 828 (Shell) durcie avec la diéthylène triamine à raison de 11 phr. On a provoqué un vieillissement artificiel par traitement des éprouvettes à 80 °C dans une étuve à air, dans l'eau ou dans l'acide sulfurique. Le traitement à cette température a pour effet d'accélérer considérablement les phénomènes.

L'analyse enthalpique d'une résine Epikote durcie fait apparaître deux pics. L'un endothermique, dont le sommet se situe vers 50 °C et qui se déplace lors du durcissement pour atteindre 90 °C lorsque la résine est complètement durcie; il est attribué à la transition vitreuse. L'autre exothermique est caractéristique de la réticulation résiduelle. A température ambiante, la réticulation se poursuit pendant environ 2 mois. Si on opère un recuit à 80 °C dans une étuve à air, on obtient une réticulation quasi complète après 30 min. L'évolution observée par le traitement à l'air à 80 °C doit être considérée comme un phénomène de vieillissement; on ne constate aucune dégradation de l'échantillon.

Par contre, le même traitement à l'eau provoque des réactions indésirables, telles que des pontages de chaînes, qui diminuent les propriétés mécaniques du matériau. Toutefois, la dégradation est tellement lente qu'on peut la considérer comme négligeable.

Par ailleurs, avec l'acide sulfurique, on assiste à une dégradation aboutissant à une véritable destruction de la résine.

On a procédé à un prélèvement d'un échantillon en surface en rabotant la pellicule superficielle, puis de plus en plus profondément par dixième de millimètre. On a fait apparaître trois zones : la première où l'attaque est stabilisée quel que soit l'endroit du prélèvement, la deuxième où l'attaque est en cours et la troisième où l'acide n'a pas encore pénétré.

Ces zones sont parfaitement délimitées dans le cas du traitement à l'acide sulfurique concentré (50 %), tandis que les zones sont moins nettes dans le cas de l'acide à 25 %. De plus, il semble y avoir dans ces cas des zones d'attaque préférentielles.

L'analyse thermomécanique, quant à elle, a été appliquée avec succès à la détermination de la température de transition vitreuse de fibres acryliques et au développement d'une méthode permettant de connaître, par une technique originale, la température correspondant au point Vicat.

La température de transition vitreuse, Tg, caractérise un accroissement de la mobilité des segments des chaînes macromoléculaires des fibres synthétiques et son estimation a une très grande importance, car c'est aux environs de cette température que les conditions de teinture sont les plus favorables. En fait, il s'agit plus exactement d'une zone de transition vitreuse, phénomène thermodynamique qui s'apparente à une fusion.

En analyse thermique, la détermination de cette température peut se réaliser de deux manières, soit par analyse enthalpique différentielle, soit par analyse thermomécanique.

Dans le cas de l'analyse thermomécanique, on utilise un accessoire de l'appareil Du Pont Thermal Analyser 900. L'échantillon constitué de 7 fibres de 17 mm chacune est pincé entre deux billes d'aluminium, comme le montre la figure 28. L'éprouvette est disposée entre deux crochets en quartz, dont l'un est fixe et l'autre constitué par l'extrémité d'une sonde mobile, préalablement tendue par un poids de 2 g. Cette sonde est constituée par un noyau central métallique qui se déplace dans un oscillateur. La température est programmée à une vitesse de 5 °C/min, depuis l'ambiante jusqu'à 110 °C environ. Les déplacements provoqués par une modification des propriétés physiques de la fibre sont amplifiés et enregistrés. On obtient ainsi un thermogramme semblable à celui représenté à la figure 29.



Fig. 28. — Détermination de Tg de fibres synthétiques : détail de la sonde.

La détermination de Tg est aisée, car elle est caractérisée par le point de rencontre des deux tangentes à la courbe dont le changement de pente est provoqué par une modification des propriétés d'élasticité du matériau. Dans l'exemple donné, il s'agit de deux fibres « Diolen » et d'une fibre « Dralon ».

Les résultats obtenus par analyse thermomécanique ont été comparés avec ceux obtenus par analyse enthalpique différentielle dans des laboratoires spécialisés de l'Université de Liège : ils se sont révélés tout à fait semblables.

Une deuxième application originale de l'analyse thermomécanique a conduit à la mise au point d'une méthode de détermination du point Vicat.

Le point Vicat est une température caractéristique du ramollissement des polymères et sa détermination consiste à mesurer la température correspondant à une pénétration de 1 mm dans un matériau plastique dont on élève la température

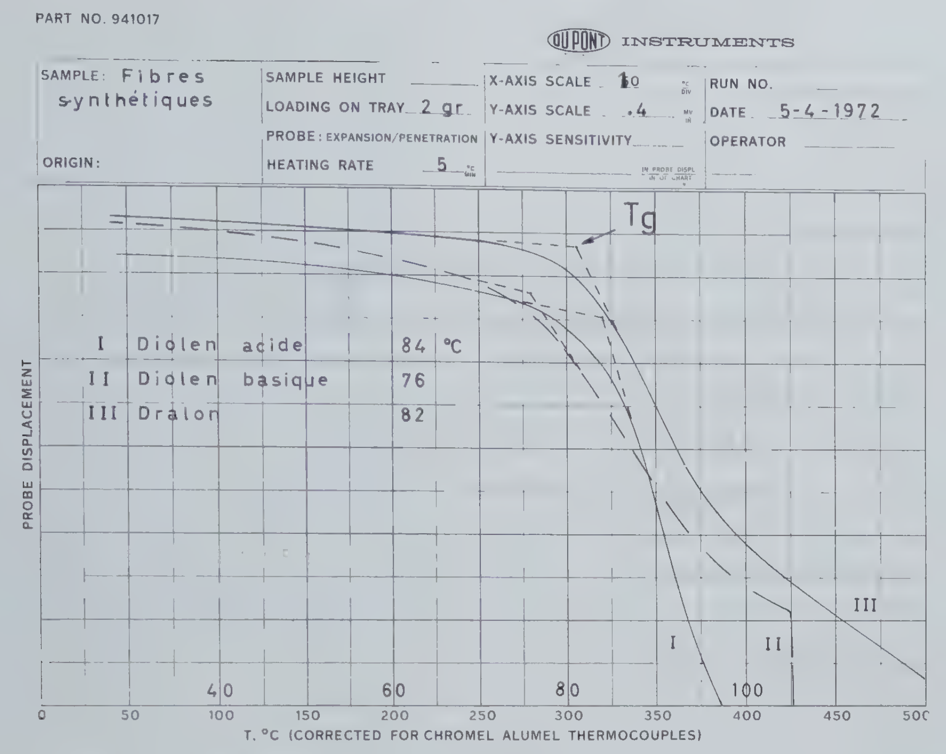


Fig. 29. — Détermination de Tg de fibres synthétiques : exemples de thermogrammes.

de 1 °C par minute environ, d'une sonde aiguille d'une section déterminée sur laquelle on applique une charge constante de 5 kg. Cette détermination fait l'objet de la norme NBN 710.

L'appareillage Du Pont possède une sonde en quartz dont l'extrémité en contact avec l'échantillon a une configuration hémisphérique. Nous avons trouvé qu'en appliquant à l'autre extrémité une charge de 10 g et en mettant en œuvre une vitesse de chauffe de 5 °C par minute, on obtenait des résultats comparables à ceux de la norme. Ces conditions réduisent notablement le temps requis pour une détermination. La température obtenue dans ce cas correspond à un changement de pente de la courbe. L'examen du tableau XI permet en effet de conclure que, sauf pour le polypropylène, les résultats sont en bonne concordance.

La pyrolyse couplée à la chromatographie en phase gazeuse est largement utilisée dans la chimie analytique des matières plastiques. Le pyrogramme obtenu à partir des produits formés au cours de la pyrolyse constitue une véritable empreinte digitale de la substance pyrolysée qui conduit à son identification, tout comme la spectrométrie de masse, la spectrophotométrie infrarouge ou ultraviolette.

Tableau XI

Détermination du point Vicat par analyse thermomécanique et par application de la NBN 710

Echantillon	T.M.A. Appareil Du Pont °C	Norme NBN 710 °C
Chlorure de polyvinyle	69	70,5
Polypropylène	85	88,5
Polystyrène	90	91
A.B.S.	93	94
Polyméthacrylate de méthyle + charge	104	104
Polyméthacrylate de méthyle	110	111

La chromatographie pyrolytique permet également des études de stabilité et de décomposition thermique.

Nous l'avons appliquée sous ses deux formes.

La mesure de la stabilité thermique de polyéthylènes de diverses densités a été effectuée. Dans certaines conditions de pyrolyse, il apparaît une relation entre la quantité totale des produits de décomposition et la densité.

Pour l'appliquer sous sa forme analytique, nous avons commencé par pyrolyser dans des conditions bien définies toute une gamme de matières connues de façon à obtenir une série de pyrogrammes de référence.

Ces essais préliminaires ont été réalisés dans le but de mettre au point une méthode d'identification du flaconnage plastique qui prend actuellement une place considérable dans le domaine de l'emballage.

Les premiers résultats montrent que cette méthode rapide, sûre, facile, peu coûteuse et ne nécessitant aucun traitement de l'échantillon, pourrait être utilisée avec succès pour le triage dans des dépôts des emballages plastiques en vue de la récupération de la matière par traitement ultérieur.

234. Divers

A la demande de l'industrie, de nombreuses analyses de produits semi-finis ou finis ont été effectuées. Pour mener à bien ces analyses, la spectrographie infrarouge, les diverses formes de chromatographie, la microscopie et la plupart des autres techniques analytiques disponibles au laboratoire ont été utilisées. Cette activité se développe plus particulièrement dans le domaine des matériaux chargés : béton résineux, composites, agglomérés et préimprégnés.

---

3. SECTION « STATION D'ESSAIS »

Au cours de ces dernières années, des progrès importants ont été réalisés dans la technologie de la cokerie classique. Le séchage et le préchauffage des charges, l'utilisation de briques réfractaires de caractéristiques améliorées, de nouvelles méthodes de chargement ont permis d'élargir la gamme des charbons utilisables, d'accroître la capacité des fours et d'éliminer certaines sources de pollution atmosphérique. Ces progrès, ainsi que les difficultés rencontrées pour mettre au point un procédé techniquement et économiquement valable de fabrication de coke moulé, ont amené l'industrie cokière à mettre en construction de nouvelles batteries classiques. Compte tenu de cette évolution et de la disparition de la S.A. Belge Stein et Roubaix avec laquelle nous avions développé la technique des fours à lit de sable fluidisé et son application à la production de combustibles défumés et de coke moulé, nous avons été amenés à réduire nos activités dans les domaines de l'agglomération et du traitement thermique des charbons.

Ceci nous a permis de réorienter une partie des activités de la Station d'Essais vers des sujets qui semblent actuellement présenter de meilleures perspectives de développement à l'échelle industrielle, notamment dans le domaine de la mise en œuvre des polymères.

Les activités visant au développement de la manutention pneumatique par air-slide et par air-lift se sont également poursuivies.

31. AGGLOMERATION

A la demande d'un groupe sidérurgique, nous avons effectué différents essais d'agglomération sur des produits utilisés comme additifs dans les convertisseurs (boracite, fluorite, dolomie). Ces essais ont comporté des tests préalables sur des échantillons contenant différents types et quantités de liants suivis d'agglomérations semi-industrielles de plusieurs tonnes des mélanges ayant donné les résultats les plus satisfaisants.

32. DEFUMAGE D'AGGLOMERES DOMESTIQUES

Au cours du second trimestre de l'année, le charbonnage Colard de la Société Cockerill à Seraing a poursuivi la conversion de l'ancienne installation prototype de carbonisation en une unité de défumage d'agglomérés domestiques. L'INIEX a participé activement à ces travaux de reconversion et à la mise au point des dispositifs de mesure et de contrôle. Les premiers essais de démarrage ont été réalisés dans le courant du mois de décembre avec le concours du personnel de la Station d'Essais. Après correction de quelques imperfections, cette installation pourrait entrer en service normal au cours de janvier 1973.

33. MISE EN ŒUVRE DES POLYMERES

Suite aux résultats favorables obtenus à l'échelle réduite, la Station d'Essais a entrepris la construction d'une installation pilote pour la production de gros blocs de marbre reconstitué. Un moule métallique, d'une dimension de 1,20 x 0,60 x 0,30 m, a été construit et trois essais ont été réalisés, avec

un mélange de petit granit 0-8 mm et de résine polyester, sur une table vibrante appartenant à la Société Marbrock. Les résultats étant satisfaisants nous avons réalisé à la Station d'Essais une table vibrante équipée de vibrateurs disponibles dans le commerce. Ces vibrateurs donnaient une amplitude importante, mais à une fréquence (950 tr/min) insuffisante, pour assurer l'ébullage de la charge. Nous avons ainsi été amenés à étudier un générateur de vibrations à balourds à plus haute fréquence ($\simeq$ 2.500 tr/min) et de puissance plus élevée. Une nouvelle table vibrante équipée de ces générateurs, plus lourde et possédant une suspension plus souple, nous a permis de produire des blocs de reconstitué parfaitement ébullés. Ce dispositif vibrant a été intégré dans une installation pilote de préparation des pâtes (fig. 30).

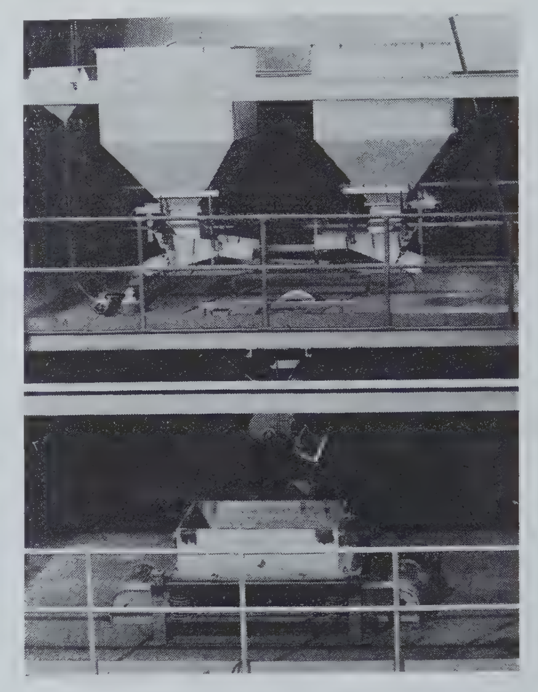


Fig. 30. — Installation pilote de préparation des pâtes.

Le personnel de la Station d'Essais a également participé à la mise au point du four construit suivant les données du Professeur Herpol, en vue de l'étude de la réaction au feu des matières plastiques.

A cette occasion, différents problèmes ont été abordés et notamment : la régulation de la température, l'adaptation d'une cellule photo-électrique pour la mesure de l'opacité des fumées et l'étude d'un dispositif électronique permettant de suivre la progression de la zone de combustion au moyen de sondes de mesure d'ionisation de flamme lorsque l'atmosphère du four devient trop opaque pour un contrôle visuel.

34. MANUTENTION PNEUMATIQUE

Air-slide

Le transport de chaux vive broyée, par aéroglissière, se poursuit dans une entreprise liégeoise depuis un an environ. En dépit des mauvaises caractéristiques de fluidisation du produit, l'air-slide fonctionne régulièrement avec une pente de 6° et une vitesse de soufflage de 5 cm/s. L'installation pilote (de 8 m de longueur et 20 cm de largeur) a déjà transporté plus de 20.000 t entre la tête d'un élévateur à godets et le silo d'accumulation. Compte tenu du succès de cette expérience, l'entreprise a mis à l'étude la réalisation d'un circuit d'aéroglissières destiné à remplacer le réseau de manutention horizontale de la chaux par vis sans fin et chaînes à raclettes.

Dans le domaine des diffuseurs résistant aux hautes températures, on a testé des tissus en fibres de verre pour la fluidisation des sables de fonderie et on doit expérimenter sous peu un diffuseur métallique lisse à très fines perforations obliques.

Air-lift

Notre petit air-lift expérimental nous a permis de mener des essais qualitatifs de relevage avec divers produits : blende grillée et broyée, déchets de pyrite, laitier.

On a procédé à une augmentation de la capacité nominale de relevage d'un air-lift pour sable de fonderie d'une usine sidérurgique liégeoise (passage de 20 t/h à 40 t/h relevées à 18 m de hauteur).

On a, par ailleurs, apporté divers perfectionnements à l'installation de relevage du sable de retour d'une autre fonderie de la région : grâce à l'installation d'une cuve de pré-sédimentation en amont de la cuve d'alimentation de l'air-lift, on a pu réaliser la séparation des petites particules métalliques entraînées par le sable de récupération, réduire le nombre d'arrêts pour nettoyage et éviter une usure excessive de l'extrémité inférieure du tube de relevage.

Informations

En accord avec le professeur titulaire du cours de Génie chimique de l'Université de Liège, MM. Ledent et Chandelle ont présenté aux étudiants deux exposés relatifs à la théorie de la fluidisation et aux multiples applications de ce procédé dans l'industrie ; ces exposés feront l'objet d'un Bulletin Technique.

35. DIVERS

Dans le cadre des recherches effectuées dans le domaine de la réduction de la pollution atmosphérique, la Station d'Essais a apporté son concours à la réalisation d'une série d'essais visant à réduire la teneur en « carbon black » des fumées de combustion des gasoils et des fuels domestiques.

Le programme développé en collaboration avec le Professeur Ducarme de l'Université de Liège, comporte deux parties.

Une première série d'essais sur moteur Diesel a été réalisée dans les laboratoires universitaires en vue de mettre en évidence l'effet utile de certains additifs ajoutés au fuel ou introduits sous forme d'aérosols dans l'air de combustion. Des résultats positifs ont été obtenus, se traduisant, dans certains cas, par une réduction de 20 % de l'indice d'opacité des fumées mesuré à l'appareil Hartridge. Cependant, les quantités d'additifs à mettre en œuvre pour obtenir ces améliorations sont trop élevées pour que la méthode puisse être économiquement intéressante.

Une seconde série d'essais est actuellement en cours à l'INIEX en vue d'étudier l'effet des mêmes additifs utilisés pour le conditionnement de l'air de combustion du brûleur d'une chaudière de chauffage central.

Division de Pâturages

4. SECTION SECURITE « EXPLOSIFS »

Les travaux de cette section ont, comme en 1970 et 1971, essentiellement couvert des besoins expérimentaux propres au service des explosifs de l'Administration des Mines, qui a — comme on sait — à se prononcer sur les explosifs et autres produits dangereux, y compris en ce qui concerne l'admission à l'emploi des substances et engins destinés aux travaux de minage.

Les essais réalisés ont davantage porté sur les explosifs destinés au tir en carrière et en génie civil que sur les formules typiquement pour charbonnages : il s'agit d'explosifs aqueux présentés par les fabricants belges en vue de leur utilisation en chantiers de toutes natures, à l'exclusion des chantiers grisouteux ou poussiéreux des mines de houille.

Les travaux de la section ont aussi comporté des recherches dans le domaine des arrêts-barrages déclenchés; on a en effet, d'une part, en collaboration avec le CRIPE, filmé (à plusieurs milliers d'images par seconde) la dispersion de l'eau d'un extincteur continu disposé au ciel d'un tunnel de 9 m^2 de section, d'autre part, de concert avec certains services de la Division de Liège, travaillé au perfectionnement d'un détecteur mécanique INIEX pour arrêts-barrages.

401. ADMISSION AU COMMERCE D'EXPLOSIFS — ROCHES CLASSIQUES

La firme Deligne, de Marchienne-au-Pont, a présenté les trois explosifs ci-après :

— *Avalit P,* dynamite gélatinisée fabriquée en Pologne, encartouchée en diamètre 25 mm;
— *Avonit,* explosif difficilement inflammable sans nitroglycérine, fabriqué en Yougoslavie et encartouché en diamètre 28 mm;
— *Nitrex,* explosif difficilement inflammable constitué de nitrate d'ammonium et de combustibles, fabriqué en Yougoslavie et encartouché en diamètre 50 mm.

L'échantillon de dynamite polonaise présenté et examiné en 1972 a révélé un vice fondamental d'aptitude à la transmission de la détonation; seule la cartouche munie du détonateur d'amorçage explosait, tandis que la deuxième cartouche placée dans le prolongement et contre la première ne réagissait pas, que l'essai soit effectué à l'air libre ou dans le confinement d'un mortier d'acier à fourneau cylindrique de 32 mm de diamètre, foré de part en part.

Ces résultats, évidemment négatifs en ce qui

concerne l'admission de l'explosif, sont en eux-mêmes intéressants lorsqu'on les rapproche de ceux relatés in fine du marginal 403 du rapport INIEX 1970 : ils confirment, pour les explosifs brisants classiques, le bien-fondé de l'épreuve d'aptitude à la transmission de la détonation à l'air libre; le résultat trouvé par cette méthode suffit pour juger du comportement que l'explosif aura en pratique.

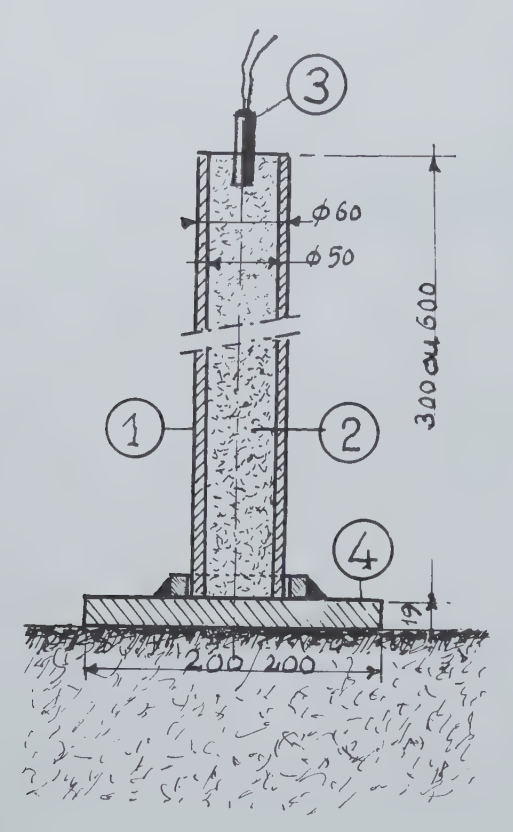


Fig. 31

1. tube de confinement en acier
2. explosif à sa densité apparente propre
3. détonateur d'amorçage
4. plaque en acier-témoin de détonation

L'explosif Avonit en cartouches de 28 mm de diamètre a donné des résultats satisfaisants, notamment en ce qui concerne l'aptitude à la transmission de la détonation, les composants toxiques des fumées de tir, l'échauffement sous confinement dans une douille en acier à lumière calibrée.

Quant au Nitrex, qui est destiné au chargement des trous de mines de gros diamètres sur les chantiers en plein air, il a été soumis avec succès à quelques essais dont celui d'aptitude à la détonation réalisé comme indiqué à la figure 31 (ensemble d'épreuve avec tube de 300 mm de longueur contenant 600 g de charge dans le cas du Nitrex et reposant sur un sol en terre). Le choc de la détonation partie du détonateur a défoncé la plaque en acier de 19 mm d'épaisseur sur une profondeur de 50 mm environ, en provoquant une découpe qui apparaît sur la figure 32.



Fig. 32

402. EXAMEN D'EXPLOSIFS — ROCHES EN GEL AQUEUX

La S.A. PRB a présenté des explosifs brisants en gel aqueux colloïdal contenant notamment, en tant qu'oxydants, divers nitrates et, en tant que combustibles, principalement des poudres d'aluminium.

Parmi ces formules, l'« Iremite 85/3 » fut examinée en charges contenues dans des fourreaux minces en polyéthylène constituant l'envoloppe de cartouches de 25, 30 et 50 mm, sensibles au détonateur.

Les gros diamètres sont destinés aux tirs en masse dans les chantiers à ciel ouvert; c'est pourquoi les charges de 50 mm de diamètre ont été tirées dans les mêmes conditions que le Nitrex (cf. fig. 31) avec le tube de 300 mm de longueur. Pareil tube, eu égard à sa capacité, contient 800 g d'Iremite ou de dynamite 3, ces deux explosifs ayant des densités très semblables. Le second fait, dans la plaque en acier de 19 mm d'épaisseur, une découpe à l'emporte-pièce de diamètre 70-74 mm à l'intrados et de 105 mm de diamètre à l'extrados. Le slurry à l'aluminium emboutit la plaque en y provoquant une perforation semi-circulaire sur un demi-pourtour de la charge (la partie emboutie porte l'empreinte laissée par le front d'onde et reste solidaire de la plaque en acier par une base de 10 cm environ); lorsque l'explosif a 8 mois

d'âge, sa performance est un peu diminuée : la plaque est enfoncée en forme de loupe de 30 mm de flèche, avec déchirures du métal.

« Iremite 85/3 » en diamètres 25 et 30 mm

Il s'agit du prolongement des travaux relatifs à l'« Iremite 80/3 », décrits au marginal 406 du rapport INIEX 1971.

Les vitesses de détonation à l'air libre sont comprises entre 3150 et 3650 m/s, les valeurs les plus faibles étant obtenues pour le diamètre 25 mm à — 4 °C et les plus élevées pour le diamètre 30 mm à + 27 °C.

Une charge de 60 cm de longueur détone uniformément à l'air libre, comme on le voit en la posant sur les têtes de six cylindres en plomb (diamètre 30 mm, hauteur 65 mm) alignés debout, avec un écartement de 100 mm d'axe en axe, sur une assise très rigide en acier (dispositif du même type que celui décrit au marginal 408 ci-après; cf. fig. 35).

On a trouvé les écrasements suivants, en fonction de l'âge de l'explosif :

	4 mois	8 mois
Ø 25 mm	12-13 mm	10-11 mm
Ø 30 mm	15-16 mm	12-14 mm

Le vieillissement détermine aussi une légère baisse de la vélocité d'onde.

L'aptitude à la transmission de la détonation a été examinée dans le temps et en fonction de la température de l'explosif, par les épreuves à l'air libre (confinement nul), en tube de carton de 40 mm de diamètre (confinement bidimensionnel) et en tube charbon/ciment de diamètres intérieur et extérieur 40/150 mm (confinement tridimensionnel).

On a obtenu les seuils de transmission consignés au tableau XII (l'indication 0 signifiant non transmission entre charges jointives, le signe = indiquant qu'il n'y a pas eu d'essai dans les conditions de la case du tableau).

Tableau XII

Confinement nul

Temp. expl.	Inf. à 0 °C		Vers 0 °C	6 à 18 °C		25 à 30 °C	
Age expl.	Ø 25	Ø 30		Ø 25	Ø 30	Ø 25	Ø 30
3 mois max.	3 cm	3 cm	=	5 cm	8 cm	6 cm	11 cm
7 mois min.	=	=	=	=	5 cm	=	=

Confinement bidimensionnel

Temp. expl.	Inf. à 0 °C		Vers 0 °C	6 à 18 °C		25 à 30 °C	
Age expl.	Ø 25	Ø 30	Ø 30	Ø 25	Ø 30	Ø 25	Ø 30
3 mois max.	4 cm	5 cm	=	8 cm	7 cm	11 cm	17 cm
6 mois	1 cm	2 cm	4 cm	9 cm	8 cm	10 cm	16 cm
7 mois min.	0	0	=	=	2 cm	=	=

Confinement tridimensionnel

Temp. expl.	Inf. à 0 °C	Vers 0 °C	6 à 18 °C		25 à 30 °C
Age expl.	Ø 30	Ø 25	Ø 25	Ø 30	
3 mois max.	=	=	5 cm	18 cm	=
6 mois	=	3 cm	=	=	=
7 mois min.	0	=	=	2 cm	=

403. ADMISSION DE DETONATEURS ELECTRIQUES A PONT TRES DUR

(Type HU)

Le laboratoire, équipé comme annoncé au marginal 48 du rapport INIEX 1970, a été utilisé en début d'année pour examiner un lot de détonateurs électriques n° 0 (instantanés) à pont très dur (type HU) présentés par la S.A. PRB.

Rappelons que le marginal 402 du rapport 1971 rend compte des essais sur détonateurs instantanés PRB à pont dur (type U).

Les détonateurs HU étaient munis de deux fils conducteurs en cuivre de 0,75 mm de diamètre, isolés au p.v.c. (diamètre extérieur 1,3 mm) et de 3 m de longueur.

Résistance

La résistance totale ne dépasse pas 0,6 ohm; elle correspond pratiquement à celle des 6 m de fil de cuivre.

Impulsion d'allumage

Alors qu'un détonateur à pont U saute sous une impulsion de 16 millijoules/ohm et ne saute pas pour 8 millijoules/ohm, le fonctionnement d'un détonateur HU doit être assuré pour 2500 millijoules/ohm et le non-fonctionnement pour 1100 millijoules/ohm.

Un condensateur de 270 microfarads chargé à 190 volts procure l'impulsion voulue dans un circuit de résistance adéquate (2,0 ou 4,4 ohms) comportant le détonateur HU à essayer; on a constaté la conformité à la norme.

Insensibilité

Aucun départ n'a été constaté lorsqu'un condensateur de 270 microfarads chargé à 67 volts se décharge dans le circuit du détonateur HU qui, ses fils n'étant pas raccourcis, ne fonctionne donc pas sous cette impulsion d'énergie de 600 millijoules.

Sécurité aux courants vagabonds

Alors qu'un détonateur U doit résister au passage d'un courant continu de 0,45 A pendant 5 min à travers le fil de pont, on attend d'un détonateur HU qu'il résiste pareillement pour un courant de 4 A.

Aucun départ n'a été constaté, même en rendant l'épreuve plus sévère en logeant chaque détonateur à essayer dans un bloc de polystyrène expansé (frigolite), qui simule une cartouche d'explosif amorcée par ce détonateur et entrave l'évacuation des calories dégagées par effet Joule au niveau du détonateur.

Tir en série sans raté

Un détonateur HU se met à feu en utilisant non pas un exploseur à aimant permanent, mais un appareil à capacités conçu pour cet usage.

L'épreuve consiste à décharger, dans un circuit de 50 ohms de résistance comportant 5 détonateurs reliés en série, un condensateur de 40 microfarads chargé à 2650 volts.

Trois fois cinq séries de 5 détonateurs, essayés dans ces conditions, soit dans leur état d'origine, soit après magasinage de 14 jours en atmosphère humide vers 20 °C ou sèche vers 40 °C, n'ont donné lieu à aucun raté.

Sécurité vis-à-vis des charges électrostatiques

Un détonateur U ne peut sauter lorsqu'un condensateur de 2500 picofarads chargé à 10 kilovolts est, au moyen d'un éclateur à boules de 20 mm de diamètre, déchargé dans le circuit de ses fils.

Pour un détonateur HU, l'épreuve est la même sauf que le condensateur est chargé à 30 kilovolts. Aucun départ n'a été observé lors de 25 essais.

Sécurité aux claquages à l'intérieur de la douille

Avec le condensateur de 2500 picofarads chargé à 30 kilovolts et l'éclateur à boules de 20 mm de diamètre, on procède à des épreuves comportant deux volets, en déchargeant le condensateur :

1°) entre la torsade des fils conducteurs et la douille;

2°) entre la douille et, successivement, chacun des deux fils.

Aucun départ n'a été constaté sur 25 essais de chaque sorte.

Comme suite à ces résultats satisfaisants, les détonateurs électriques PRB, type HU, ont été admis avec cette qualification.

404. ADMISSION D'UNE BOURRE A L'EAU AUTOCALANTE

Il s'agit de l'ampoule arquée Leppak dont question au marginal 404 du rapport INIEX 1971, mais ne contenant plus d'origine son liquide de remplissage; le modèle examiné en 1972 est à remplir par l'utilisateur et comporte un bouchon à l'extrémité postérieure (sur laquelle s'exercera la pression du bourroir pour mettre l'ampoule en place dans le trou de mine).

Ce bouchon peut être expulsé de son logement lorsqu'on presse l'ampoule latéralement.

Si le pinçage a lieu entre deux surfaces planes sur 10 cm de longueur de l'ampoule, l'essai a montré qu'il faut, pour l'expulsion, une force de 15 kg si le bouchon est moyennement enfoncé, de 80 kg si le bouchon est enfoncé à refus.

Ces caractéristiques sont suffisantes, rien n'étant pour le surplus modifié à l'ampoule admise en 1971, pour autant que l'utilisateur enfonce bien le bouchon.

405. EXAMENS DE CORDEAUX DETONANTS

Des cordeaux détonants de divers calibres, destinés à l'emploi en carrières, ont été examinés.

Un cordeau antigrisouteux, réalisé spécialement par la Dynamit Nobel A.G. pour actionner les arrêts-barrages déclenchés, a été tiré en grisou dans la chambre de 10 m³.

On a essayé des brins de 5 m et 15 m de longueur, suspendus à des fils et décrivant en plein grisou, soit une ligne droite, soit un S, le cordeau étant parfois nu, parfois placé en tuyau d'acier de diamètres 40/48 mm.

On n'a pas observé d'inflammation.

406. EXAMEN DES FUMEES D'EXPLOSIFS BRISANTS

En prolongement des travaux exposés au marginal 409 du rapport INIEX 1971, la chambre d'explosion cubant 10 m³ a été pourvue, à peu près au milieu de sa longueur, d'un dispositif à opercule permettant de passer le bras ou un tuyau pour prendre un échantillon de fumées.

La prise peut donc désormais se faire non seulement à 1 m du fond de la chambre, comme indiqué à la figure 25 de l'année dernière, mais encore par l'autre côté de la chambre, à peu près au milieu de cette dernière, comme sur la figure 33.

Le mode opératoire est le suivant : on place la charge explosive (2) amorcée par le détonateur (3) dans le mortier (1) qu'on roule contre l'orifice ad hoc de la chambre d'explosion (4).

Celle-ci est fermée 5 m plus loin par une paroi métallique (6). Aussitôt après le tir, on prélève

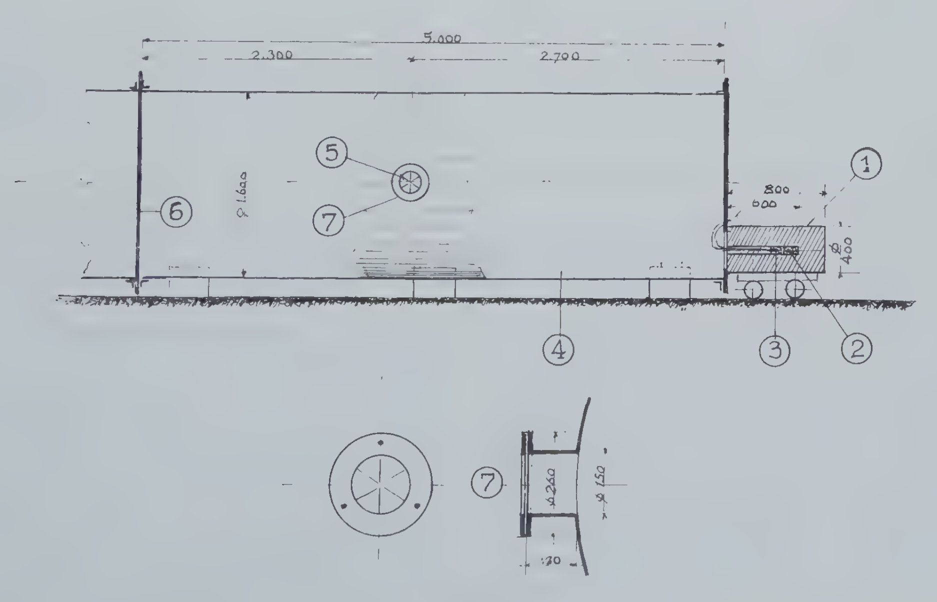


Fig. 33

l'échantillon de fumées par l'orifice latéral (7) muni d'un opercule en caoutchouc (5).

La chambre (4) de 10 m³ de volume n'est évidemment pas d'une étanchéité parfaite.

Au stade actuel des essais, il apparaît que les concentrations d'oxyde de carbone ou de gaz nitreux trouvées avec divers explosifs du commerce ont une valeur relative. Elles autorisent un classement des explosifs en rapport avec leur salubrité d'emploi, mais ne permettent pas d'établir leurs productions spécifiques de gaz toxiques.

C'est pourquoi nous avons conçu un dispositif étanche cubant 0,3 m³ seulement, constitué (fig. 34) :

— d'un support (7) à pivot (9) autour duquel le dispositif entier, serré dans le carcan (11), peut balancer de façon à faire aller et venir le boulet en bois (6) mobile dans la buse (1).

On comprend le fonctionnement : la charge (8) à essayer est placée dans le mortier, amorcée par un détonateur spécial ne donnant pas, à lui seul, de gaz toxiques en teneur décelable dans le dispositif utilisé; après le tir, on fait faire, par basculements successifs autour du pivot, une vingtaine de trajets aller et retour au boulet, dont le mouvement brasse les gaz jusqu'à homogénéisation; on prélève ensuite les échantillons de fumées par les robinets ad hoc.

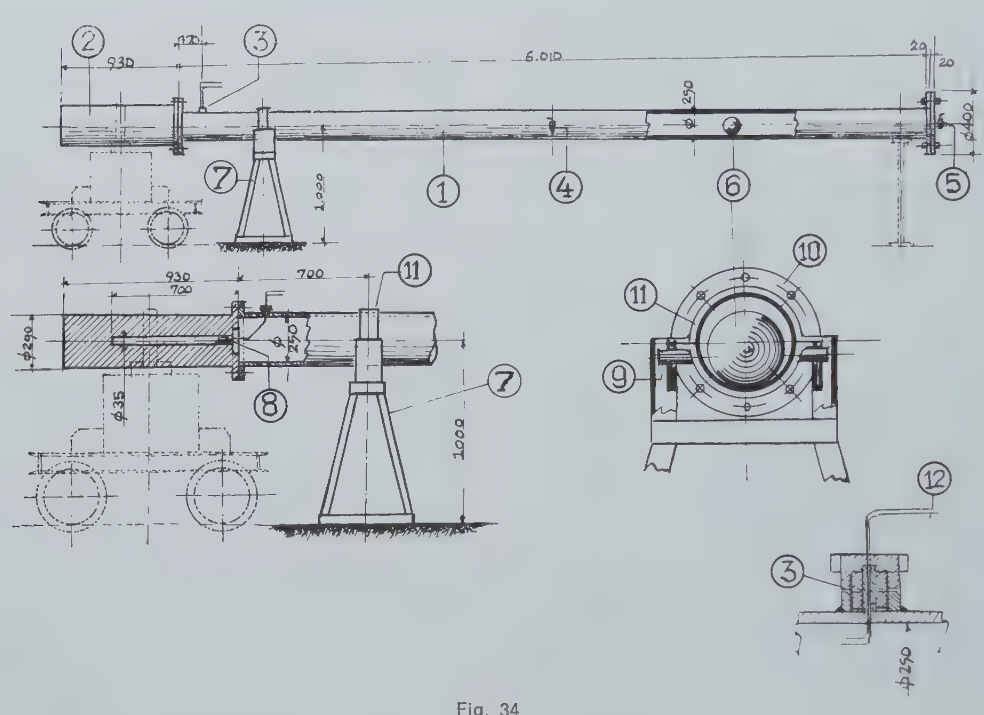


Fig. 34

— d'une buse (1) de 6 m de longueur, fixée sur la bouche d'un mortier (2) et munie d'un passage (3) pour les fils (12) du détonateur, ainsi que de deux robinets (4) et (5) de prises de gaz;

Nous espérons arriver ainsi à déterminer les productions spécifiques de gaz toxiques des explosifs.

407. EPREUVE A LA CHALEUR D'EXPLOSIFS ET SUBSTANCES APPARENTEES

Le matériel de laboratoire décrit au marginal 407 du rapport INIEX 1971 a été principalement utilisé pour tester le comportement à l'échauffement sous confinement, dans une douille en acier avec disque à lumière calibrée, de dix-sept échantillons de nitrates ammoniques et d'engrais azotés simples (taux d'azote variant de 15,5 à 34,8 %, c'est-à-dire teneur en nitrate variant de 44,25 à 98,8 %).

Les échantillons, prélevés dans des lots de granulés du commerce, sont préalablement broyés et séchés conformément à la norme RID - ADR; la poudre à éprouver est tassée dans la douille en acier sur une hauteur imposée de 60 mm.

La lumière calibrée du disque de fermeture de la douille, chauffée dans les conditions normalisées, possède le diamètre limite lorsqu'on observe au moins une explosion sur trois essais.

Tableau XIII

N° d'ordre	% N	Poids (g) de l'échantillon	Dénomination et/ou provenance du produit	Sensibilité thermique		
				Ø lim. (mm)	t_1 (s)	t_2 (s)
1	15,5	37	Kalkammonsalpeter Hoechst	< 0,5	—	—
2	24	30	» Ruhrstickstoff	0,5	40	160
3	24	26	» BASF	0,5	35	104
4	26	33	» Hoechst	0,5	35	95
5	26	32	» Ruhrstickstoff	0,5	35	131
6	26	32	» »	1,0	40	74
7	26	30	» BASF	0,5	25	30
8	26	29	Ned. Stikstof Mij, Sluiskil	1,0	120	140
9	33,5	29	Enrobé français, Kuhlmann	1,0	—	102
10	33,5	27	Enrobé français, Mazingarbe	0,5	55	224
11	33,5	29	Enrobé français, Gde Paroisse	0,5	100	156
12	33,5	27	Enrobé belge, SBA-PCM	0,5	35-80	72-96
13	34,5	31	Prolenson Z de Chemapol (Cz)	1,0	87	116
14	34,8	26	CDF Chimie, Mazingarbe	1,0	70	80
15	34,8	24	» »	1,0	70	80
16	34,8	28	» »	1,0	110	117
17	34,8	25	Ammoneige N 33 (Fr.)	0,5	65	66

On a vérifié dans chaque cas qu'il n'y avait pas d'explosion sur trois essais effectués avec la lumière de diamètre égal au diamètre limite augmenté de 0,5 mm.

Rappelons que la sensibilité thermique augmente avec un diamètre limite croissant et, pour un même diamètre limite, avec des temps t_1 et t_2 décroissants.

On voit que, comme il fallait s'y attendre, le produit n° 1 (KAS Hoechst 15,5 %N) n'est pratiquement pas susceptible de donner lieu à explosion. Mais il n'y a pas un parallélisme absolu entre le taux d'azote et l'aptitude à exploser par échauffement : c'est ainsi que les produits n° 6 et 8 à 26 % N ont un diamètre limite plus grand que les produits n° 10 - 11 - 12 à 33,5 % N et même que le n° 17 à 34,8 % N.

Ce produit n° 17 est un nitrate ammonique superfin (plus fin que 40 microns) sans nitrites ni ions C1 ou SO^4, non sensible au détonateur lorsqu'il est amorcé sans confinement (air libre) en charge de 30 mm de diamètre; à l'essai Trauzl au bloc de plomb, il donne un évasement net de 235 cm^3 (essai avec détonateur à tube d'aluminium contenant 400 mg d'hexogène et 250 mg d'initiant).

L'explosif ANFO obtenu en mélangeant 95 % en poids de ce nitrate n° 17 avec 5 % de diesel-oil est sensible au détonateur en 30 mm à l'air libre et entretient une vitesse stable de détonation de l'ordre de 4000 m/s.

Cet explosif est peu dense mais puissant, car il procure un évasement Trauzl de 370 cm^3.

Il possède lui aussi, ainsi que nous l'avons constaté, un diamètre limite à l'épreuve d'échauffement de 0,5 mm avec $t_1 = 32$ s et $t_2 = 71$ s.

Ces résultats ont été pris en considération par le groupe de travail compétent de la C.C.E.

* * *

L'épreuve à l'échauffement sous confinement a été appliquée également à l'explosif en gel aqueux Iremite 80/3.

En opérant sur le produit dans son état d'origine, on a trouvé un diamètre limite de 1 mm avec un temps $t_2 = 25$ s.

En chauffant la poudre obtenue par dessiccation du gel (perte de poids 8 à 9 %), on a alors observé un diamètre limite de 2 mm avec un temps $t_2 =$ 115 s : dans ces dernières conditions, la sensibilité du produit se rapproche de celle caractérisant la dynamite.

408. ESSAIS SUR LA DETONABILITE DE DIVERS NITRATES AMMONIQUES ET ENGRAIS AZOTES SIMPLES A BASE DE NH_4NO_3

En octobre 1971, lors de sa 25e réunion, un groupe de travail « Elimination des entraves techniques aux échanges-engrais » de la C.C.E. donna mandat à un groupe ad hoc de spécialistes en matière d'explosion en vue d'élaborer :

a) une épreuve de sensibilité à la chaleur,
b) une épreuve de sensibilité à un amorçage par un explosif,

permettant de décider si un engrais à base de nitrate d'ammonium est exempt de risque d'explosion dans les conditions pratiques de stockage, ceci en tenant compte des épreuves déjà adoptées sur le plan international en matière de transport.

Le mode opératoire des épreuves devrait être relativement simple, peu coûteux, suffisamment reproductible, avec description de l'appareillage et interprétation du résultat des épreuves.

* * *

Il est question de l'essai de sensibilité à la chaleur au marginal 407 du présent rapport.

Pour l'épreuve à un amorçage par un explosif, les laboratoires allemands (BAM) et néerlandais (RVO-TNO) emploient des tubes en acier à couvercle vissé, dans lesquels se trouve la matière à essayer surmontée de la charge d'amorçage (explosif militaire), et que l'on pose debout sur le sol. Après le tir, l'aptitude de la matière à propager la détonation se juge d'après la fragmentation du tube et, éventuellement, d'après la quantité restante de matière non décomposée.

Au début de 1972, le groupe ad hoc cité ci-dessus prit particulièrement en considération un mode d'essai présenté par le service des explosifs de Belgique, qui en avait déjà une longue expérience. Suivant le système belge, le tube en acier contenant la matière à essayer est amorcé à la dynamite et est posé horizontalement sur les têtes de six cylindres en plomb alignés à écartement fixe, debout sur une aire de tir en acier; ce sont principalement les écrasements respectifs de ces cylindres en plomb qui témoignent de l'aptitude de la matière essayée à propager la détonation.

Une aire de tir a été aménagée à la casemate de Colfontaine.

La figure 35 montre le dispositif d'essai comportant :

— une assise (9) en acier de 20 cm d'épaisseur reposant de niveau sur un lit (10) de 40 cm de sable tassé;
— six cylindres en plomb (11) peints latéralement en (2) de couleurs différentes, ayant 100 mm

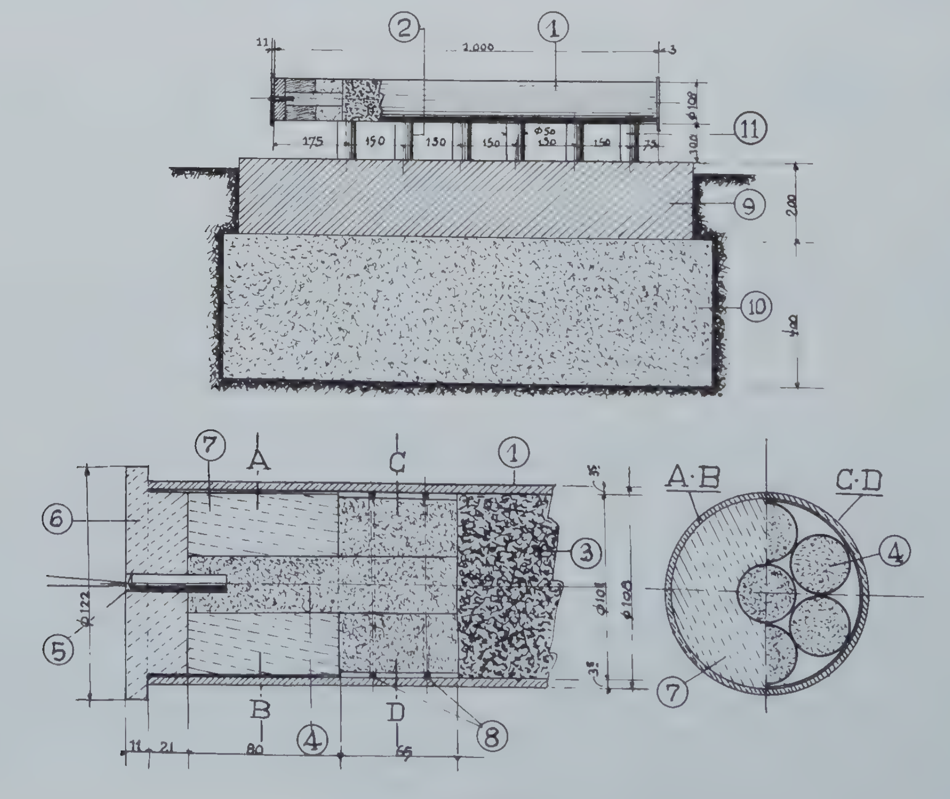


Fig. 35

de hauteur et 50 mm de diamètre, alignés dans un ordre repéré en fonction de leur teinte, avec un écartement de 150 mm d'axe en axe, dans un plan vertical de symétrie de l'aire de tir;

— un tube (1) de 108 mm de diamètre extérieur et 35 mm d'épaisseur de paroi, à fond soudé, contenant la charge (3) de matière à essayer à sa densité naturelle de tassement (le tube pourrait aussi bien être un classique 4 pouces de diamètres 102/114 mm);

— une amorce (4) de 500 g de dynamite 3 (à 25 % de nitroglycérine) composée de tronçons de cartouches de 30 mm de diamètre, au nombre de six périphériques de 65 mm de longueur et d'un central de 145 mm, tenus ensemble par les fils (8);

— un anneau (7) en bois servant à maintenir l'amorce de dynamite (4) contre la charge (3) de matière à essayer;

— un couvercle (6) en bois à introduire par pression et possédant un canal central pour le passage du détonateur (5) inséré sur 2 cm environ de longueur dans l'amorce (4).

A noter qu'un support en forme de X, non dessiné, peut être placé près du bouchon, sous le tube (1), afin d'empêcher le roulement de celui-ci en prenant appui sur l'assise (9).

Sept nitrates techniquement purs, servant de matières premières dans l'industrie des explosifs, ont en premier lieu été soumis à l'essai.

Les caractéristiques sont données aux tableaux XIV et XV.

Tableau XIV

N° d'ordre	Dénomination	% NH_4NO_3	% $C1^-$	% H_2O	pH (*)
1	Prills Ased	99,64	0,061	0,10	5,1
2	Prills Finalens	99,7	0,048	0,13	5,0
3	Prills Onia	99,1	0,061	0,16	5,8
4	Prills Veba	99,2	0,053	0,17	6,4
5	Cristaux SBA	99,61	0,059	0,54	5,2
6	Cristaux Lonza	100,0	0,021	0,08	4,9
7	Ammoneige N33	99,32	0,051	1,05	5,6

(*) Il s'agit du pH à 20° C de la solution de 10 g dans 100 g d'eau.

Tableau XV

Résultats du tir de détonabilité

N° d'ordre et poids chargé	Ecrasement (%) du cylindre n°						Poids du produit restant	Observation relative au tube
	1	2	3	4	5	6		
1-6,8 kg	37	16,5	6	0	0	0	9,5 %	Ouvert en partie
2-5,7 kg	35	27	19	14	0,5	0	—	Ouvert en banane
3-5,1 kg	35	26	20	18	4	0	1,7 %	Intact vers le fond
4-5,6 kg	32	29	30	27	23	21	0	Déchiqueté*
5-6,5 kg	29	28,5	26,5	26	26	26	0	Longues languettes
6-7,6 kg	37	32	30	31	32	32	0	Déchiqueté*
7-7,4 kg	38	38	38,5	38	38	53	0	Pulvérisé
Gravier fin 10 kg	20	3,5	0	0	0	0	35	Intact sur 57 cm

(*) Rondelles de tôle découpées par réflexion d'onde sur les têtes des cylindres en plomb.

Le produit n° 7 est ainsi le plus apte à propager la détonation; c'est celui répertorié sous le n° 17 au tableau du marginal 407.

On voit que la détonabilité de ces nitrates techniquement purs croît avec le numéro d'ordre. En effet, les cristaux 5-6-7, qui ont un passé au tamis d'un millimètre d'ouverture supérieur à 90 %, sont — comme on sait — plus dangereux que les prills 1-2-3 dont le passé au même tamis ne dépasse pas 3,5 %. A noter que les prills n° 4 ont une détonabilité qui se rapproche sensiblement de celle des cristaux. Parmi ceux-ci, l'aptitude à libérer plus d'énergie dans l'onde de détonation croît, comme on le sait également, avec la finesse des grains.

Les résultats ci-dessus sont appelés à servir de termes de comparaison pour apprécier la détonabilité des engrais simples à base de nitrate ammonique.

Les quatre produits indiqués au tableau XVI ont alors été essayés.

Tableau XVI

N° d'ordre	Dénomination	% NH_4NO_3	% Cl^-	% H_2O	pH *
8	Prills Ased 33,5 N	97,58	0,210	0,20	7,7
9	Prills SBA-PCM 33,5 N	99,15	0,077	0,16	7,1
10	Prills Veba 28 N	81,8	0,190	0,30	7,8
11	Prills Veba 26 N	75,3	0,180	0,29	7,8

(*) Il s'agit du pH à 20°C de la solution de 10 g dans 100 g d'eau.

Le tir a donné les résultats mentionnés au tableau XVII.

Tableau XVII

N° d'ordre et poids chargé	Ecrasement (%) du cylindre n°						Poids du produit restant	Observation relative au tube
	1	2	3	4	5	6		
8-6,6 kg	35	13	0	0	0	0	28 %	Ouvert sur 82 cm
9-6,8 kg	32	15	0	0	0	0	63 %	Intact sur 46 cm
10-6,7 kg	32	14	0	0	0	0	26,7 %	Ouvert sur 78 cm
11-6,8 kg	32	7	0	0	0	0	60,8 %	Intact sur 43 cm

On voit que les prills examinés sont pratiquement à mettre sur le même pied, quel que soit le taux d'azote, puisque les cylindres 3-4-5-6 en plomb ne sont pas touchés par une pression de détonation.

On peut parler d'une distinction entre le produit n° 11 (Kas 26 % N) et les autres eu égard à l'écrasement deux fois moindre du cylindre n° 2; mais il n'est pas possible de distinguer le n° 10 (mélange de 80 % de NH_4NO_3 avec des sels inertes au point de vue de la détonation) des n° 8 et 9 qui sont des nitrates enrobés.

Toutefois, eu égard à une récente communication publiée par le « Chemiker Zeitung » *, il appa-

* G. Hansen & W. Berthold : « Zur Sensibilität von Ammoniumnitraten gegen Detonationsstoss » — 96 (1972) 449-455.

raît indispensable, pour les produits 8-9-10-11, de répéter l'essai sur des échantillons ayant subi des cycles de températures entre 25 et 45 °C, de façon à leur faire franchir à plusieurs reprises le seuil de température de 32 °C caractérisé par une modification cristalline réversible.

C'est par là que nous commencerons nos investigations en 1973.

409. MECHES DE SURETE A COMBUSTION LENTE

Comme en 1970 et 1971, divers échantillons provenant des exploitations de carrières et de minières ont été examinés.

Rien de défavorable n'a été constaté.

Une étude détaillée a porté sur une cause peu prévisible de raté du détonateur serti sur une mèche lente.

On avait, en effet, observé en pratique des ratés de détonateurs sertis de façon à réaliser un assemblage étanche; réessayés avec une nouvelle mèche fixée de façon plus sommaire, les mêmes détonateurs fonctionnaient ensuite de façon normale.

Des essais systématiques ont confirmé que l'étanchéité du sertissage pouvait être un facteur de raté lorsqu'un espace mort existe, à l'intérieur du détonateur, entre la poudre de la mèche et l'explosif sensible appelé à engendrer la détonation.

Le détail des travaux a été exposé à la Journée des Carriers organisée par l'INIEX le 12 décembre 1972, à Liège.

Une règle pratique a été dégagée, qui permet d'éviter le raté dans les conditions industrielles de travail, mais sans pouvoir réaliser toutefois un assemblage mèche-détonateur étanche au point de pouvoir amorcer des trous de mines noyés.

Un perfectionnement sera recherché dans l'avenir.

410. CONTROLE DES EXPLOSIFS POUR CHARBONNAGES

Des échantillons d'explosifs de sûreté prélevés dans deux magasins de vente, ont été soumis à des épreuves de contrôle visant surtout la sécurité grisou-poussières et l'aptitude à la transmission de la détonation.

Six échantillons de Kempoxite 1 (explosif du type III) ont été examinés sans rien observer de défavorable à leur sujet; leurs vitesses de détonation étaient toutes de l'ordre de 2000 m/s.

Trois échantillons de Charbrite 418 (explosif du type IV) ont été contrôlés : l'un d'eux enflammait les poussières charbonneuses au tir d'angle à 20 cm tout en étant parfaitement sûr en grisou (éventualité déjà constatée en 1961 avec cet explosif).

Une étude complémentaire est en cours à ce sujet.

411. RECHERCHES SUR LES ARRETS-BARRAGES DECLENCHES

Les instituts étrangers qui s'occupent de sécurité minière et étudient des systèmes appelés à arrêter la propagation des explosions dans les galeries de mines, construisent des dispositifs recourant à un détecteur de flamme dont le signal met en action un extincteur, situé en aval par rapport au sens de propagation de l'explosion.

On conçoit ainsi que, dans telle zone des travaux miniers équipée de pareil système, il y a une section de détection et une section d'extinction bien distinctes l'une de l'autre.

La conception belge s'écarte quelque peu de ce schéma.

Le **détecteur** serait un appareil mécanique simple dérivé de celui décrit dans le Bulletin Technique Iniex « Sécurité et Salubrité » n° 3 de juin 1971.

Essayée en janvier 1972 à la mine expérimentale Tremonia, la première version s'est bien comportée en réagissant au souffle de l'explosion — lequel précède toujours la flamme — dès que la pression de souffle atteint 30 g/cm². C'est là, de l'avis des experts, une sensibilité suffisante mais non exagérée, l'arrêt-barrage ne devant pas fonctionner sous l'effet d'un tir de mines.

Lorsqu'il s'agit de détecter une flambée non accompagnée d'un effet de souffle appréciable, le temps de réponse du détecteur mécanique — première version — est trop long.

C'est pourquoi nous sommes occupés à réaliser une seconde version qui aurait la forme d'un boîtier d'un mètre de longueur et environ 30 x 30 cm de côté, à placer soit à la verticale, soit avec une inclinaison pouvant aller jusqu'à 45°, au choix de l'utilisateur suivant conformation des lieux. A l'intérieur du boîtier se trouvent un long volet mobile autour d'un axe parallèle à la longueur de l'appareil, ainsi qu'un fil combustible de faible diamètre. La sensibilité au souffle serait réglée à la même valeur que pour la première version, et nous espérons une meilleure sensibilité à la flamme.

Lorsqu'il déclenche, ce détecteur fait fonctionner un petit détonateur à percussion (cf. marginal 409 du rapport INIEX 1970) capable d'amorcer un cordeau détonant à 10 g de penthrite par mètre.

L'extincteur a été présenté pour la première fois à la réunion des experts « Arrêts-barrages déclenchés » qui s'est tenue à Sheffield en juin 1972. Depuis lors, il a subi diverses mises au point en vue de son utilisation pratique.

Il se présente sous la forme d'un conduit souple à disposer sur berceaux suspendus au soutènement le long des galeries à protéger. Il est composé d'une gaine en polyéthylène de 0,3 mm d'épaisseur contenant un prisme de section carrée 20 x 20 cm en mousse réticulée de qualité difficilement inflammable et d'une porosité appropriée, dans lequel est centré un cordeau antigrisouteux de puissance adéquate, fourni par la Dynamit Nobel AG.

Le dispositif contient par mètre courant une cinquantaine de litres d'eau occluse dans les pores de la mousse : celle-ci n'occupe en effet que 2 % environ du volume du conduit.

En égard aux caractéristiques des divers éléments de l'extincteur continu que nous proposons, la détonation du cordeau centré dans le prisme de mousse assure une bonne dispersion de l'eau dans une galerie de 9 m² de section (ainsi qu'en témoignent des prises de vues à plusieurs milliers d'images par seconde) *.

D'autre part, les mesures des variations de pression aux abords de l'extincteur indiquent des pointes de courte durée peu dangereuses pour le personnel*.

* Les prises de vues et mesures de pressions sont réalisées en collaboration avec le Centre de recherches PRB Nobel Explosifs, de Sterrebeek.

5. SECTION SECURITE « INCENDIE - GRISOUMETRIE - POUSSIERES »

51. MATERIAUX DIFFICILEMENT INFLAMMABLES

511. Courroies transporteuses

5111. **Essais d'agréation**

En 1972, deux courroies transporteuses avec revêtement en PVC nous ont été soumises pour essais.

L'une d'elles a pu être présentée pour agréation au Directeur Général des Mines. L'autre a jusqu'à présent satisfait à l'épreuve au contact d'une flamme prévue par l'arrêté ministériel du 11 septembre 1961. Cette courroie est équipée d'un revêtement spécial à haute adhérence.

5112. **Essais d'inflammabilité à grande échelle**

Afin d'étudier le comportement d'une courroie dans des conditions les plus proches possibles des conditions réelles, nous avons réalisé deux essais d'inflammabilité de courroies à grande échelle dans notre galerie de 24 m de longueur, conforme à l'extrait du Moniteur belge n° 230 du 26-9-1961.

PREMIER ESSAI

On déroule 11 m de courroie dans l'axe de la galerie sur un tréteau métallique à 35 cm du sol ; l'extrémité antérieure de la courroie est distante de 4 m du ventilateur.

Un foyer est réalisé de la façon suivante.

On boise 2 havées de 1 m chacune dont l'ossature est constituée par 3 cadres en bois de 20 cm de diamètre, reliés entre eux par des demi-lambourdes. La première havée est garnie de fascines et de morceaux de bois de section 4 x 4 cm. En vue de la mise à feu, on place à son pied des lattes et du bois fin, ainsi que 2 bacs métalliques contenant chacun 500 cm^3 de mazout et 250 cm^3 d'essence, de part et d'autre du tréteau. Le premier cadre est à 4 m de distance du ventilateur, c'est-à-dire à hauteur de l'extrémité de la courroie.

Le poids de bois est :

cadres :	122 kg
demi-lambourdes :	71 kg
fascines :	20 kg
bois 4 x 4 cm :	21 kg
lattes :	6 kg
total :	240 kg

Déroulement de l'essai

1°) Temps t = 0 : mise à feu du combustible liquide, les fascines prennent immédiatement feu, la puissance calorifique instantanée atteint en quelques instants une valeur suffisamment élevée pour provoquer l'inflammation de la courroie.

2°) t = 3 min : mise en route du ventilateur : vitesse de l'air dans la galerie : 2,25 m/s.

3°) t = 14 min : réduction de la vitesse de l'air à 1,90 m/s.

4°) t = 39 min : extinction des flammes ; la courroie est entièrement consumée.

DEUXIEME ESSAI

Un deuxième essai est réalisé avec un échantillon de courroie couvrant toute la longueur de la galerie. Le boisage (fig. 36) est identique à celui du premier essai, sauf que les fascines sont remplacées par des fagots de bois de plus gros diamètre.

Les poids respectifs sont les suivants :

cadres :	133 kg
demi-lambourdes :	59 kg
fagots :	29 kg
lattes :	4 kg
total :	225 kg



Fig. 36. — Boisage de la galerie

La courroie est composée de 2 morceaux différents jointifs, attachés entre eux par des agrafes métalliques. Le premier tronçon comporte 9 m de courroie non agréée en PVC de 55 cm de largeur. Le deuxième morceau comporte 12 m de courroie agréée en PVC de 51,5 cm de largeur. L'extrémité antérieure (morceau de 9 m) est placée comme dans le premier essai au droit du premier cadre, à 4 m du ventilateur.

Enregistrement des températures

Afin de suivre l'évolution de la température à l'intérieur de la galerie, on y a placé 6 thermocouples reliés à un enregistreur à 6 pistes. Les cannes pyrométriques sont disposées comme l'indique la figure 37; les soudures chaudes se trouvent dans le plan de symétrie de la galerie. Le thermocouple 1 est en Pt-Pt rhodié ; les thermocouples 2 à 6 sont en Ni-NiCr.

Déroulement de l'essai

La figure 38 montre la courroie en combustion. La figure 39 donne l'enregistrement des températures aux 6 points de mesure (température extérieure : 5°C).

1°) Temps t = 0 : mise à feu du combustible liquide.

2°) t = 3 min : la température maximale est atteinte au point 2 à savoir 650°C. L'enclenchement du ventilateur (vitesse de l'air : 2,25 m/s) fait brutalement tomber la température aux points 1, 2 et 3. La puissance calorifique instantanée

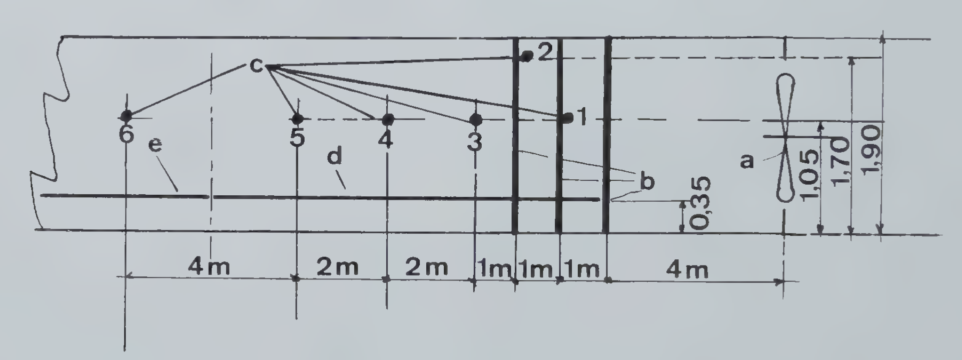


Fig. 37. — Disposition des prises de température dans la galerie.
a. ventilateur - b. cadres en bois - c. thermocouple - d. courroie non agréée - e. courroie agréée.



Fig. 38. — Courroie en combustion.

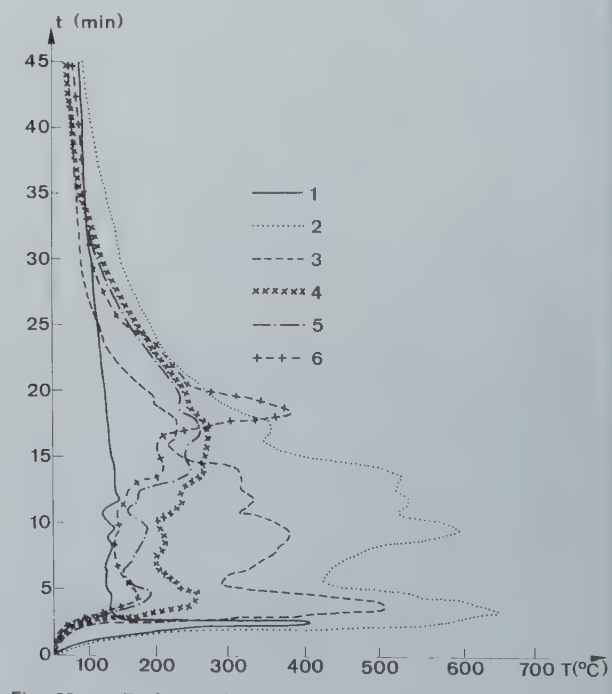


Fig. 39. — Evolution des températures T au cours du temps t aux 6 points de mesure.

du foyer ne permet pas d'enflammer la courroie ; elle fond et distille.

3°) t = 6 min 30 s : la vitesse de l'air est réduite à 1,90 m/s, ce qui fait remonter les températures aux points 2 et 3.

4°) t = 11 min 30 s : on ajoute 7 kg de bois de sapin au pied des havées, ce qui porte le poids total de bois à 232 kg, d'où une légère remontée des températures aux points 4, 5 et 6 et une stabilisation aux points 2 et 3.

5°) t = 13 min : inflammation de la courroie au droit de la première havée ; en 5 et en 6, les températures montent et dépassent à ce moment 180°C, température à laquelle le PVC commence à se décomposer.

6°) Le front de flamme progresse le long de la première courroie qui se replie partiellement sur elle-même et forme ainsi un tuyau, ceci provoque un feu violent au niveau des attaches. On peut déduire cela de l'évolution de la température aux endroits 4 (au droit du « tuyau ») 5 (à la sortie du « tuyau ») et 6 (2 m plus loin que les attaches).

7°) A la 20ème minute environ, l'intensité du foyer décroît rapidement ; on en déduit que le front de flamme progresse très lentement dans la courroie agréée ; on obtient l'extinction de la courroie environ 2 heures après le début de l'expérience.

8°) Le premier mètre de courroie agréée est complètement brûlé, le mètre suivant est calciné et le revêtement supérieur a distillé sur une longueur de 2 m. La flamme a donc progressé au total sur une distance de 11 m et il reste 8 m de courroie agréée intacts.

9°) Il subsiste en outre 69 kg de bois non brûlé (cadres) et un morceau complètement calciné de 10,5 kg de la courroie non agréée (fig. 40).

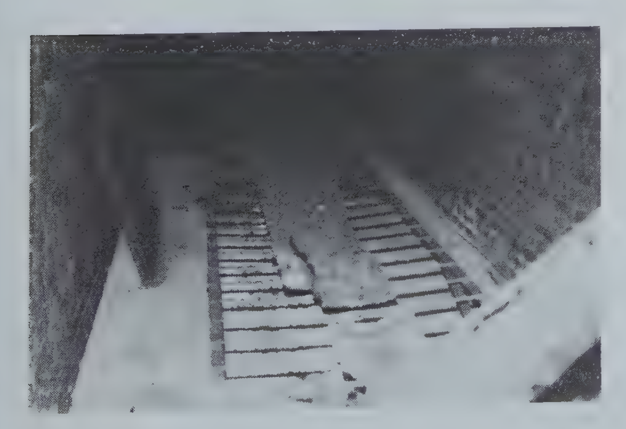


Fig. 40. — Courroie non agréée : morceau calciné qui subsiste sur le tréteau après l'essai.

Conclusions

1°) On remarque l'importance primordiale de la puissance calorifique instantanée développée par le foyer dans les premiers instants de l'incendie ; il a suffi de remplacer des fascines bien sèches par des fagots un peu moins secs et plus gros pour rendre plus difficile l'inflammation de la courroie, alors que la quantité totale de chaleur dégagée n'a pratiquement pas varié.

2°) L'étude de l'évolution de la température dans la galerie démontre qu'une courroie ayant satisfait à l'épreuve au contact d'une flamme prévue par l'arrêté ministériel du 11.9.1961, propage le feu moins vite et sur une distance plus courte qu'une courroie non agréée pour autant qu'elle ne soit pas sous l'influence directe d'un foyer beaucoup plus important ; les calories dégagées par la combustion de la courroie agréée sont à elles seules insuffisantes pour propager la combustion : la courroie est auto-extinctrice.

512. Liquides difficilement inflammables pour transmissions hydrauliques

5121. Essais d'agréation

Nous avons poursuivi l'étude des liquides synthétiques du type D commencée en 1971 (voir § 5131 du rapport annuel de 1971).

Les essais suivants ont été réalisés :

— détermination de la température de fluage ;
— détermination de la tension de vapeur ;
— détermination de la résistance au cisaillement ;
— détermination du vieillissement ;
— détermination de la tendance à former de la mousse ;
— détermination de la densité.

5122. Détermination de l'inflammabilité du fluide pulvérisé sous pression

En vue d'éliminer l'influence des variations de température en cours d'essai, nous avons remplacé dans notre appareillage la pompe génératrice de pression par une bouteille d'azote comprimé selon les schémas de la figure 41.

Avec ce nouvel appareillage, nous avons étudié l'infuence de la température et de la pression sur l'inflammabilité des fluides pulvérisés en effectuant des essais à différentes pressions et températures.

Nous avons étudié une huile du type B et 3 huiles du type D (synthétiques).

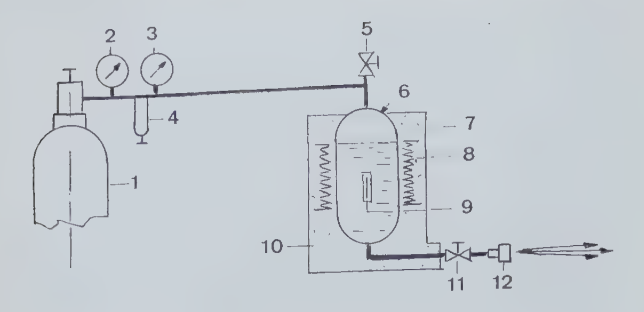


Fig. 41. — Appareil de pulvérisation du fluide sous pression. 1. bouteille d'azote - 2. monomètre 315 bars - 3 monomètre 100 bars - 4. Régulateur de pression - 5. soupape de remplissage - 6. vis d'évacuation d'air - 7. réservoir de liquide - 8. installation de chauffage électrique 3000 Watt - 9. point de mesurage de température - 10. isolation thermique - 11. soupape d'arrêt - 12. gicleur.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

1) Huile type B (émulsion)

p = 30 atm

50°C : inflammation jusqu'à l'écran pour toute position du chalumeau

p = 50 atm

40°C : id.

50°C : id.

65-70°C : id.

p = 70 atm

40°C : id.

50°C : id.

2) Huile synthétique type D n° 1 (pauvre en chlore)

p = 70 atm

40°C : inflammation jusqu'à l'écran si le chalumeau est placé entre 20 et 30 cm du gicleur.

50°C : id. pour chalumeau placé entre 20 et 50 cm du gicleur.

65-70°C : id. pour toute position du chalumeau.

3) Huile synthétique type D n°2

p = 30 atm

64-70°C : flammèches qui atteignent l'écran si le chalumeau est à 120 cm du gicleur.

90°C : id.

p = 50 atm

50°C : flammèches qui n'atteignent pas l'écran.

65-70°C : inflammation jusqu'à l'écran si le chalumeau est placé entre 20 et 30 cm du gicleur.

90°C : flammèches qui atteignent l'écran si le chalumeau est à 40 cm du gicleur.

p = 70 atm

50°C : allongement de la flamme qui n'atteint pas l'écran.

65-70°C : inflammation jusqu'à l'écran si le chalumeau est placé entre 20 et 40 cm du gicleur.

90°C : flammèches qui atteignent l'écran si le chalumeau est à 120 cm du gicleur.

4) Huile synthétique type D n° 3

p = 50 atm

50°C : pas d'allongement de la flamme.

65-70°C : flammèches qui n'atteignent pas l'écran.

90°C : id.

p = 70 atm

50°C : id.

65-70°C : id.

90°C : inflammation jusqu'à l'écran si le chalumeau est placé à 5 cm du gicleur.

Nous constatons que, pour certains fluides, les conditions d'agréation (pression = 70 atm et température = 65 ± 5°C) sont les plus sévères.

Dans tous les cas, le fluide cesse de brûler dès que le dard du chalumeau est écarté du jet pulvérisé.

5123. **Essais pour l'industrie**

33 huiles et 2 graisses nous ont été présentées pour essais technologiques divers, à savoir :

— essais de cisaillement ;
— détermination de la viscosité ;
— charge de soudure d'après la méthode « Extreme Pression by Precision Shell Four Ball E.P. Tester » ;
— charge moyenne corrigée selon la méthode « Federal Test Method Ltd n° 791 B » ou la méthode CECA.

52. EXTINCTEURS

En vue de l'obtention du label BENOR, nous avons procédé pour l'organisme de contrôle « Apragaz » aux essais diélectriques de 14 extincteurs à poudre selon les prescriptions de la norme NBN 368.

Dans les mêmes conditions, 7 extincteurs à poudre ont été essayés en vue du contrôle de fabrication.

53. GRISOUMETRIE

A la demande de l'Administration des Mines, nous avons procédé à l'analyse grisoumétrique au moyen de l'appareil Lebreton de 161 échantillons de gaz de mine, prélevés dans les sièges du sud du pays.

Les résultats des essais sont repris dans le tableau XVIII.

En aucun cas, nous n'avons trouvé des teneurs supérieures à 2 %.

Tableau XVIII

Répartition statistique des teneurs en grisou

Teneurs en grisou / Arrondissement	0 à 0,5 %	0,55 à 1 %	1,05 à 1,5 %	1,55 à 2 %
Mons	26	5	3	4
Charleroi	76	19	5	1
Liège	14	8	0	0

54. POUSSIERES INFLAMMABLES

Devant les dangers présentés par les poussières inflammables dans l'industrie, l'INIEX a décidé d'entreprendre l'étude systématique de ce problème important pour la sécurité.

Avec l'appareil construit d'après le modèle utilisé par le US Bureau of Mines, (fig. 42), nous avons déterminé la température minimale d'inflammation et les limites d'inflammabilité de la poussière de charbon et du sucre raffiné en poudre, pour 2 granulométries différentes : diamètre $< 43\ \mu$ et $43\ \mu \leqslant$ diamètre $< 61\ \mu$.

Pour ce faire, nous chassons des quantités variables de poussière à travers le four, du haut vers le bas, au moyen d'une chasse d'air à la pression de 460 mm Hg. On recommence l'opération pour des températures décroissantes jusqu'à ce que 10 chasses d'air successives ne donnent plus d'inflammation visible à la base du four. La plus basse température du four pour laquelle une inflammation se produit est appelée température minimale d'inflammation. La plus petite quantité de poussière donnant lieu à une inflammation visible est la limite inférieure d'inflammabilité.

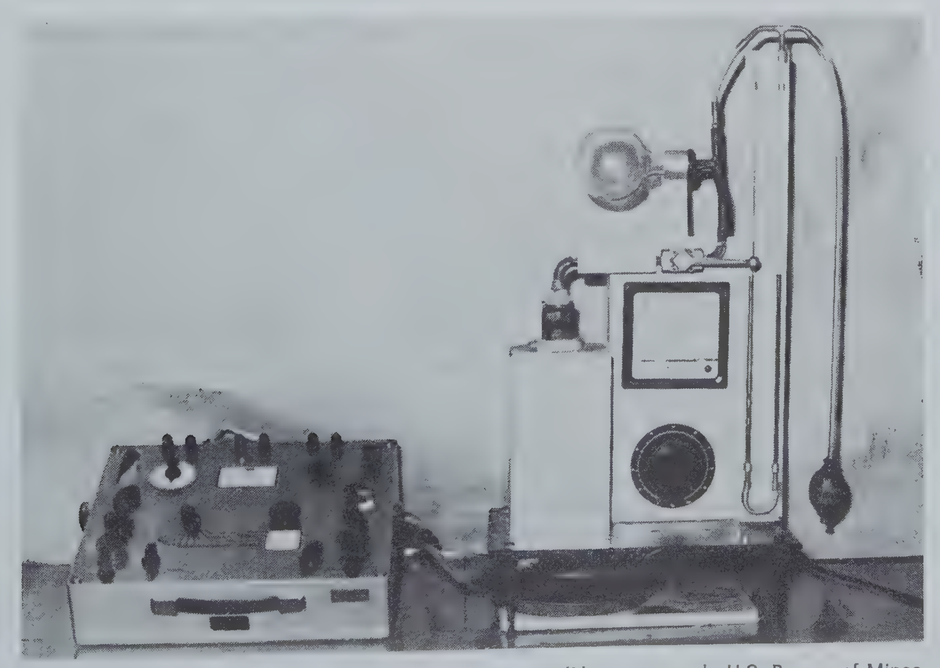


Fig. 42. — Inflammateur construit à l'INIEX d'après le modèle conçu par le U.S. Bureau of Mines.

La composition des poussières est la suivante :

charbon :

carbone fixe :	70,5 %
matières volatiles :	26,0 %
cendres :	2,6 %
humidité :	0,9 %

sucre :

saccharose $(C_{12}H_{22}O_{11})$:	97 %
amidon $(C_6H_{10}O_5)$:	3 %

Les résultats sont portés en graphique donnant la température d'inflammation en fonction de la concentration du nuage de poussière (fig. 43).

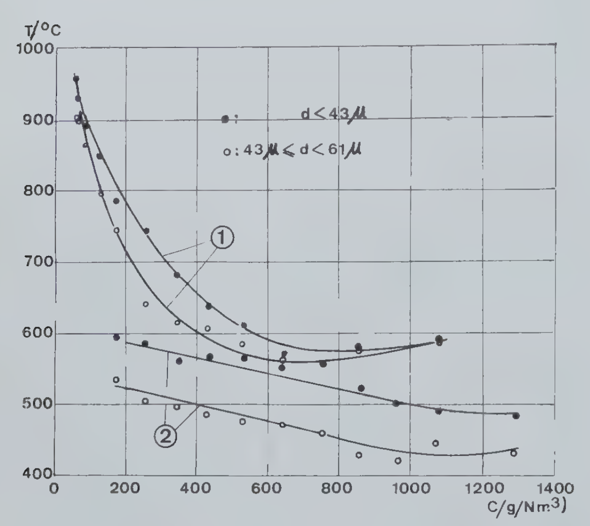


Fig. 43. — Température d'inflammation du mélange air-poussière en fonction de la concentration en poussière. 1. poussière de charbon - 2. poussière de sucre.

Limites inférieures d'inflammabilité Li :

1) **Charbon :** une teneur de 43 g/Nm³ n'a pas donné de flamme observable jusqu'à 1000°C, d'où : 43 g/Nm³ $<$ Li $\leqslant$ 60 g/Nm³

2) **Sucre :** une teneur de 150 g/Nm³ n'a pas donné de flamme observable jusqu'à 700°C, d'où : 150 g/Nm³ $<$ Li $\leqslant$ 172 g/Nm³.

Ces limites sont les mêmes pour les 2 granulométries étudiées.

Températures minimales d'inflammabilité Ti :

1) **Charbon :**
   d $< 43\ \mu$: 570°C pour 645 g/Nm³
   $43\ \mu \leqslant$ d $< 61\ \mu$: 55°C pour 645 g/Nm³

2) **Sucre :**
   d $< 43\ \mu$: 485°C pour 1290 g/Nm³
   $43\ \mu \leqslant$ d 61 μ : 420°C pour 967 g/Nm³.

Les concentrations les plus dangereuses, qui correspondent aux températures minimales d'inflammabilité, sont beaucoup plus élevées, que les concentrations stoechiométriques (respectivement 111 g/Nm³ pour le charbon et 267 g/Nm³ pour le sucre). En ce qui concerne le charbon, seules les matières volatiles s'enflamment lors du passage dans le four chauffé vers 550-600°C. De même, les molécules de sucre n'ont pas le temps de réagir complètement et il reste des imbrûlés.

Nous avons également calculé les valeurs théoriques de la limite inférieure d'inflammabilité moyennant les hypothèses simplificatrices suivantes :

1°) La combustion est complète.

2°) La réaction est soit isobare, soit isochore.

3°) L'énergie libérée par la réaction est suffisamment grande pour porter les produits de la réaction, l'air en excès et les matières inertes éventuelles à une température de 1000°C. Cette hypothèse est basée sur le fait que c'est seulement vers 1000°C qu'une flamme peut se propager instantanément à tout le mélange.

4°) Les particules sont suffisamment petites pour considérer le mélange air-poussière comme parfaitement homogène.

Les résultats qui figurent au tableau XIX montrent une assez bonne concordance entre les valeurs expérimentales et les valeurs calculées à pression constante.

Tableau XIX

Comparaison des valeurs expérimentales et calculées de la limite inférieure d'inflammabilité

Produit		Limites inférieures d'inflammabilité (g/Nm³)		
		expérimentales	calculées à pression constante	calculées à volume constant
charbon	d $< 43\ \mu$	43 - 60	46	34
	$43\ \mu \leqslant$ d $< 61\ \mu$	43 - 60	46	34
sucre	d $< 43\ \mu$	150 - 172	106	76
	$43\ \mu \leqslant$ d $< 61\ \mu$	150 - 172	106	76

Nous avons également entrepris l'étude de l'inflammabilité de la poussière de charbon mélangé au calcaire pulvérulent (90 % de passé au tamis de 74 μ) utilisé dans certains charbonnages belges.

Nous avons étudié des mélanges homogènes respectivement de 60, 70, 80 et 90 % de poussière inerte avec de la poussière de charbon de la classe granulométrique d $<$ 43 μ.

Dans le tableau XX, les résultats sont donnés en fonction de la concentration en charbon pur.

Les valeurs entre parenthèses sont les concentrations en matière inerte. L'adjonction de calcaire au charbon relève les températures d'inflammation. On observe encore une inflammation à 765°C pour le mélange à 90 % d'inerte (soit 215 g/Nm³ de charbon), mais la flamme est très faible et ne se propage plus à tout le mélange.

Tableau XX

Température d'inflammation des mélanges air/poussières de charbon + poussières inertes

Concentration en charbon pur (g/Nm³)	Températures d'inflammation	
	sur charbon pur (°C)	sur mélange (°C)
430	635	690 (80 %)
645	570	650 (70 %)
860	575	620 (60 %)

6. SECTION « ELECTRICITE »

61. MATERIEL ANTIDEFLAGRANT

611. Agréation et contrôle de conformité à la norme

— Matériels destinés aux mines

Pour l'année 1972, les appareils suivants ont été essayés et proposés à l'agréation au Directeur Général des Mines comme matériel antigrisouteux :

Moteurs	44
Appareils électriques divers	24
Appareils d'éclairage	2
Ventilateurs	2
Total :	72

En outre, 11 demandes de modifications ont été introduites ; elles se répartissent comme suit :

Moteurs	5
Appareils électriques divers	3
Ventilateurs	2
Locomotive diesel	1
Total :	11

Total des appareils pour les mines : 83.

— Matériels destinés aux industries autres que les mines

Les appareils suivants ont subi des essais satisfaisants et ont fait l'objet d'un procès-verbal d'examen et d'essais suivant le mode de protection par « enveloppe antidéflagrante » d'après la norme NBN 286 de 1965 pour les groupes IIa et IIb (butane, propane, alcool, éthylène)

Moteurs	19
Appareils électriques divers	19
Appareils d'éclairage	6
Total :	44

Pour le groupe IIc (hydrogène, acétylène, sulfure de carbone).

Moteurs	: 14
Total des appareils pour les industries de surface	: 58

612. Appareils ayant fait l'objet d'un procès-verbal INIEX

Essais individuels de pression interne : 563.

613. Mesure des pressions d'explosions

6131. **Installations**

Le laboratoire d'essais des appareils antidéflagrants a fait l'acquisition d'une nouvelle chaîne de mesure de pression résultant de l'inflammation interne d'un mélange gazeux dans les enveloppes antidéflagrantes.

La pression dite « initiale » sert de base au calcul de la pression imposée pour l'essai individuel.

La chaîne de mesure piézo-électrique comprend :

— Un capteur à quartz qui transforme la pression reçue en une charge électrique proportionnelle (120 pC par 0,981 bar/cm^2). La fréquence propre des capteurs utilisés est d'environ 50 kHz et leur linéarité 0,3 %.

— Un amplificateur qui transforme la charge précitée en une tension proportionnelle. La charge reçue peut varier de 10 à 500.000 pC et la fréquence limite supérieure s'élève à 180 kHz. L'amplificateur est équipé d'un condensateur de contre-réaction afin d'éviter toute charge électrostatique résiduelle tant au capteur qu'à la capacité du câble.

— Un appareil enregistreur et un indicateur de crête qui sont respectivement un oscillographe cathodique à mémoire et un voltmètre digital.

Les deux appareils sont raccordés en parallèle sur la sortie de l'amplificateur (fig. 44). La limite

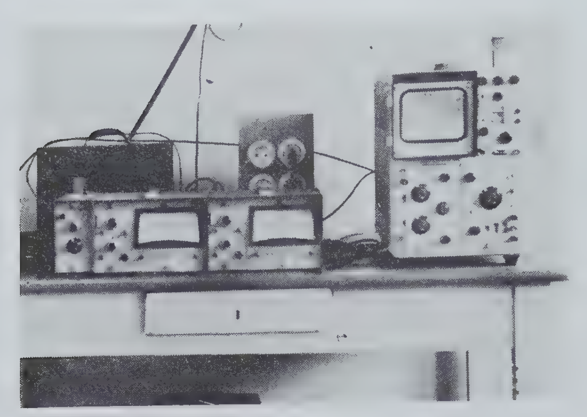


Fig. 44. — Ensemble enregistreur et indicateur de crête.

supérieure de la bande passante de l'oscilloscope s'élève à 10 MHz, valeur qui est rabattue à 1,5 kHz si l'on fait emploi de la mémoire.

La conversion de l'amplificateur peut être réglée telle qu'une pression de 1 kg/cm² engendre une tension de 1 V et donne sur l'oscillographe une déviation du spot de 1 cm. L'amplitude de cette déviation peut être déformée par la superposition d'un autre signal ; elle sera d'autant plus grande que la fréquence du signal s'approche de la fréquence propre du cristal du capteur. Ainsi pour une fréquence du signal égale à 20 % de la fréquence du cristal, la surélévation de l'amplitude se limitera à 4 %. Un phénomène sonore dans l'enveloppe, une vibration mécanique peuvent également être la cause de déformation de l'amplitude de la déviation.

La figure 45 représente le signal transmis par un capteur placé sur la paroi d'une enveloppe métallique et provoqué par un coup de marteau.

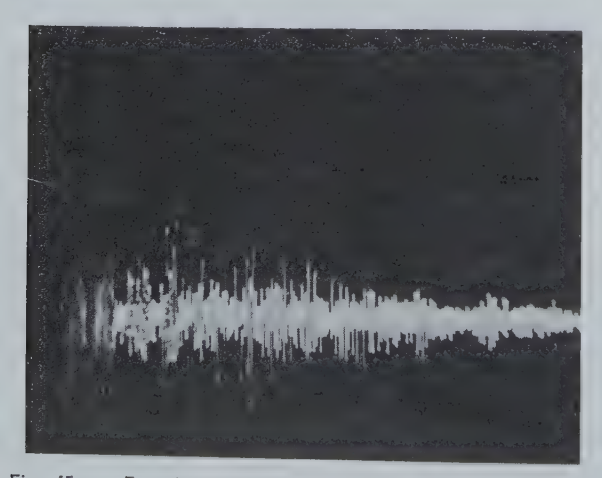


Fig. 45. — Enregistrement du signal produit par un coup de marteau sur une enveloppe métallique.

La figure 46 montre que sur le signal s'est superposé un signal à plus haute fréquence, à savoir celle du capteur.

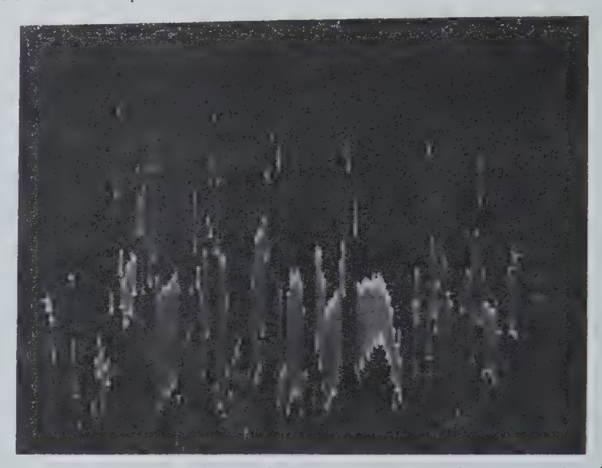


Fig. 46. — Signal à haute fréquence superposé sur un signal à moindre fréquence.

L'effet perturbateur de cette haute fréquence est affaibli par l'emploi de filtres.

6132. **Pression initiale**

Comme nous l'avons signalé en 1971, toutes les enveloppes antidéflagrantes sont soumises à une pression interne égale à 1,5 fois la pression initiale obtenue par l'inflammation d'un mélange air-gaz type, pour le groupe d'enveloppes considéré.

Nous avons constaté que les valeurs des pressions initiales sont non seulement fonction du % de gaz dans le mélange, mais aussi de la configuration géométrique de l'enveloppe.

D'autre part, une série d'essais a montré que la valeur de l'interstice a une influence sur les pressions. Pour effectuer ces essais, nous avons employé un coffret en acier de 220 x 320 x 300 mm. Le joint d'assemblage du coffret avec le couvercle a une largeur de 25 mm et les différents interstices sont obtenus en plaçant des épaisseurs calibrées au droit des vis de fixation.

Le tableau XXI et le diagramme figure 47 illustrent les résultats obtenus, pour des mélanges

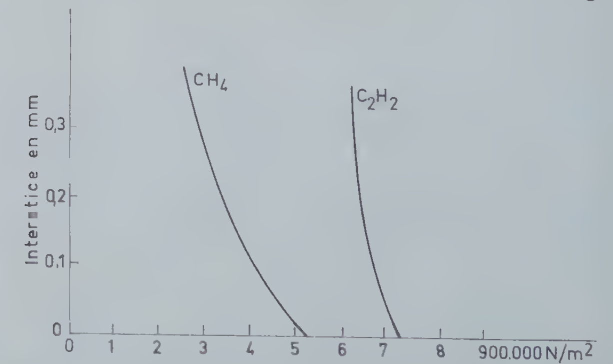


Fig. 47. — Pressions d'explosion obtenues avec des mélanges CH_4-air et C_2H_2-air pour différentes valeurs de l'interstice du joint.

d'air et de méthane à 9,7 % de méthane, et pour des mélanges d'air et d'acétylène à 14,7 d'acétylène.

D'autre part, on constate lors des essais que la pression nominale est obtenue après ± 100 ms pour le CH_4 et après 15 ms pour le C_2H_2 à cause de la plus grande vitesse de propagation de la flamme dans une atmosphère contenant de l'acétylène.

Le choc éprouvé par un boîtier à cause de l'explosion d'un mélange air-acétylène est donc plus violent que pour un mélange air-grisou.

Tableau XXI

Interstices en mm	pressions enregistrées pour les mélanges air/méthane en Nm²	pressions enregistrées pour mélanges air/acétylène en Nm²
0	509943	715881
0,1	406973	666848
0,2	343231	666848
0,3	289294	637429

6133. **Essais des enveloppes**

Pour les essais individuels de résistance mécanique des enveloppes, nous appliquons la méthode dynamique en nous basant sur la prescription de la norme 79-1 de 1971 du Comité Electrotechnique International qui considère que la pression d'essai n'est valable que si, sur le graphique obtenu, la durée de la demi-pression maximale est supérieure à 100 m/s (fig. 48).

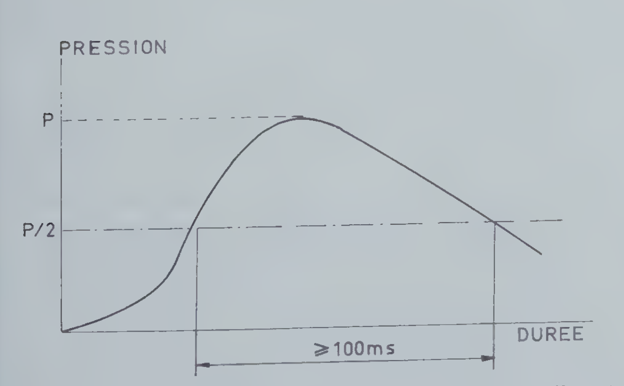


Fig. 48. — Evolution de la pression d'explosion lors de l'essai individuel.

L'application de cette méthode nous a permis de conseiller à plusieurs reprises certains constructeurs dans les modifications à apporter pour la fabrication des enveloppes antidéflagrantes.

La figure 49 représente le bris d'un couvercle d'un boîtier en fonte conçu sans nervure interne de renforcement. Après modification, aucune déterioration n'a été constatée après l'essai individuel.



Fig. 49. — Couvercle de coffret qui n'a pas résisté à l'essai individuel.

La figure 50 montre des vis de fixation en acier dont la charge de rupture est trop faible. Au moment de l'essai, les vis s'allongent d'une façon permanente, il y a même rupture de plusieurs d'entre elles.



Fig. 50. — Vis de fixation de couvercle allongées ou rompues suite à l'essai individuel d'un boîtier.



Fig. 51. — Boîtier dont le couvercle a été arraché lors de l'essai individuel.

Les photos fig. 51 et 52 illustrent des vis à tête triangulaire de mauvaise conception et la façon dont le couvercle du boîtier a été arraché lors de l'essai individuel.

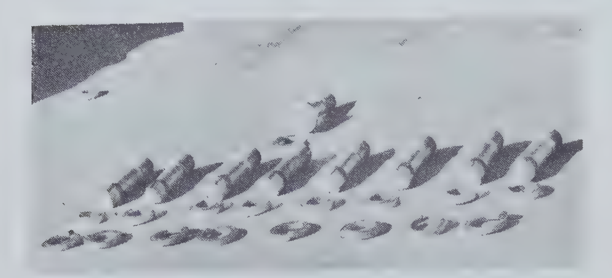


Fig. 52. — Vis de fixation de mauvaise conception.

En effet, dans le triangle équilatéral que forme la tête de chaque vis, la hauteur est égale au diamètre du décolletage de la vis. Au moment de l'explosion, le bourrelet n'étant pas retenu, il est arraché et glisse le long de la tête des vis et le couvercle est projeté. Ce défaut est assez grave si l'on tient compte de la force exercée sur le couvercle au moment de l'explosion. En effet, comme la surface du couvercle est de 3500 cm^2 et la pression de 9 kg/cm^2, la force appliquée est de 31.500 kg.

La figure 53 montre un coffret avec porte à fermeture rapide montée sur deux charnières en fonte. Au moment de l'explosion, les deux charnières ont cédé et le couvercle s'est déboîté de la tige-guide de fermeture.

Comme la fonte a une limite d'élasticité très faible et qu'en plus des défauts de coulée sont toujours possibles, il est recommandé d'employer des charnières en acier.

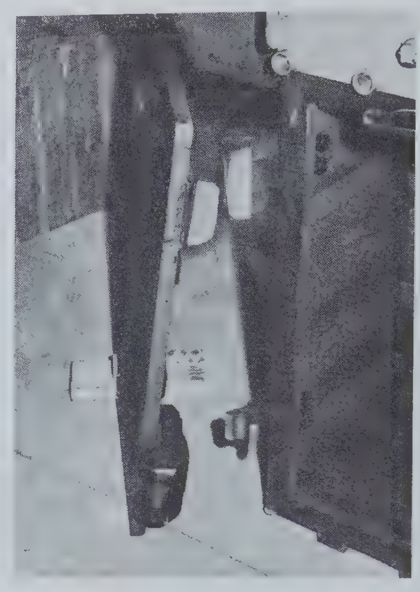


Fig. 53. — Charnières arrachées lors de l'essai individuel.

Devant l'importance croissante que prend le matériel électrique de sécurité vis-à-vis des atmosphères inflammables, le Conseil d'Administration a décidé de construire un nouvel atelier d'essais pour les enveloppes antidéflagrantes. Ce nouvel atelier, qui est en cours de construction, aura une surface utile de 20 x 8 m et la casemate de 6 x 8 m. Il sera équipé de ponts roulants de 5 et 10 tonnes.

Nous espérons, dans le courant de l'année 1973, pouvoir commencer nos essais dans ces nouvelles installations.

L'ancien bâtiment, qui deviendra ainsi disponible, sera équipé d'un plancher d'essais pour matériel électrique construit suivant les prescriptions de la sécurité augmentée.

62. MATERIEL DE SECURITE INTRINSEQUE

Au cours de l'année 1972, seize nouvelles demandes d'agréation et de certificats de conformité ont été introduites.

621. Matériel agréé ou certifié conforme à la NBN 683

— Matériel destiné aux mines

Pour l'année 1972, les appareils suivants ont été essayés et proposés à l'agréation comme matériel de sécurité intrinsèque :

Détecteur de niveau	1
Installation d'interphonie	1
Appareils de mesure (grisoumètre-anémomètre)	2
Appareils téléphoniques (avenants)	2
Total :	6

En outre, un appareil a été refusé.

— Matériel destiné aux industries autres que les mines

Un avenant a été délivré. Il est relatif à un annonciateur d'alarme agréé au cours de l'année précédente en première catégorie pour les gaz de la classe 2e (hydrogène) suivant définitions de la NBN 683.

En outre, deux appareils ont été refusés. Ils seront présentés à nouveau dans une version différente.

622. Expérimentation d'une lampe torche type « Bright Star »

Une lampe torche présentée à l'agréation en vue de son utilisation en présence de gaz et de vapeur dérivés du pétrole a fait l'objet d'une étude spéciale dont nous donnons ci-après un bref compte rendu.

Il s'agit d'un appareil de structure très simple à circuit autonome alimenté par deux piles rondes type « Leclanché » de 1,5 V, débitant dans une ampoule type PR6 de 300 mA.

Pour satisfaire aux prescriptions de la norme NBN 683, non seulement le circuit électrique comportant les piles et l'interrupteur devait être éprouvé en ce qui concerne les étincelles électriques pouvant s'y produire normalement, mais le risque d'inflammation dû à la rupture du filament suite au bris de l'ampoule devait être envisagé.

Le circuit d'alimentation comportant les piles n'a posé aucun problème. La mise en défaut du circuit d'alimentation obtenue par le court-circuit de ces deux piles disposées en série a été envisagée. En vue des essais, trois éléments de piles torches type « Leclanché » ont été raccordés en série aux bornes de l'éclateur constitué par des électrodes zinc-cuivre phosphoreux. Le troisième élément utilisé lors des essais servait à l'application du coefficient de sécurité imposé par la norme. La chambre de l'éclateur était alimentée par un mélange gazeux composé d'air et de propane à 5,5 %. Le courant qui circulait dans le circuit des électrodes, lorsque celles-ci étaient en contact, atteignait 4,8 A. Aucune inflammation du mélange n'a été obtenue après plus de 200 fermetures et ruptures du circuit. Ce circuit peut donc être utilisé sans risque en présence de mélanges gazeux de la classe 2c.

Le risque d'inflammation dû à la rupture du filament suite au bris de l'ampoule a été éprouvé par deux techniques :

— La première consiste à enlever le verre des ampoules et à provoquer la fusion du filament nu en présence des mélanges gazeux.

Les ampoules type PR 6 qui sont parcourues par un courant de 0,31 A ont été expérimentées avec succès par ce procédé, en présence d'un mélange air-méthane à 9 % de CH_4, mais elles ont provoqué l'inflammation de mélanges air-propane et de mélanges air-butane.
Toutefois, cette technique s'est avérée peu sévère. Les essais ont montré que la rupture du filament était obtenue bien avant que ce dernier ait atteint l'incandescence.

— La seconde consiste à briser les ampoules en fonctionnement en présence des mêmes mélanges gazeux.

Pour ce faire, les deux méthodes ci-après ont été utilisées.

1ère méthode (fig. 54). L'ampoule complète est montée dans une gouttière en acier (G) fixée à l'intérieur de la cuve métallique servant aux essais. Dix secondes après la fermeture du circuit du filament, le verre de l'ampoule est brisé par le choc d'une masse métallique M actionnée par la rotation d'un axe.

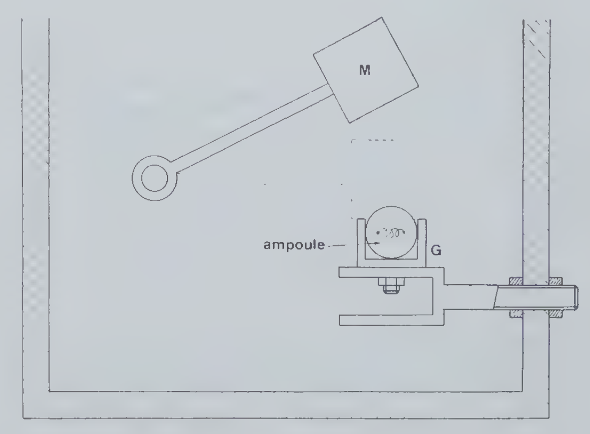


Fig. 54. — Première méthode : le bris de l'ampoule est obtenu par la chute brutale d'une masse métallique sur le verre.

Cette façon d'opérer évite la détérioration du filament lors du bris de l'ampoule de verre. On lui reproche toutefois la chute de fines particules de verre sur le filament, susceptible de provoquer une diminution de température de ce dernier.

2ème méthode (fig. 55). Le dispositif se compose de la cuve métallique déjà citée, munie de deux tiges filetées repérées T, permettant l'écrasement du verre de l'ampoule sans provoquer la détérioration du filament. Le culot de l'ampoule est fixé dans un socket. Ce dispositif évite la chute de particules de verre sur le filament.

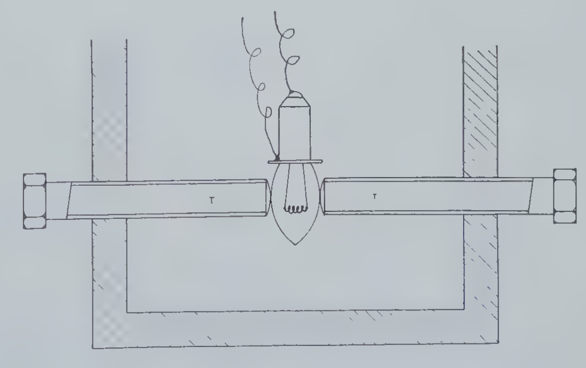


Fig. 55. — Deuxième méthode : le bris de l'ampoule est obtenu par suite de l'écrasement lent du verre.

Malgré cette précaution, cette méthode s'est avérée moins sévère que la première, lors des essais préalables. Nous avons constaté que le courant de convection dû au mouvement ascensionnel des molécules de gaz chauffé au contact du filament était plus important que celui existant dans la première méthode.

C'est la première méthode qui a été retenue pour les essais définitifs. C'est d'ailleurs la seule qui nous a permis de provoquer l'inflammation d'un mélange grisouteux par un filament parcouru par un courant d'environ 0,2 A.

Nous avons alors demandé au constructeur de nous fournir un autre lot d'ampoules (type PR 9) parcourues par un courant de plus faible intensité (0,15 à 0,19 A). Une étude parallèle a été entreprise pour déterminer parmi les gaz et vapeurs de pétrole pour lesquels l'agréation était demandée, le gaz combustible le plus dangereux et sa teneur optimale d'inflammation.

Le dispositif expérimental était constitué par un filament de « Kanthal » (fil composé d'un alliage de fer - chrome - cobalt utilisé pour la construction de résistance de chauffage) de 0,3 mm de diamètre et de 14 cm de longueur, présentant une résistance de 18,9 ohm/m. Ce fil tendu verticalement au milieu d'une chambre remplie des mélanges gazeux à éprouver était parcouru par des courants d'intensités différentes, destinés à provoquer l'augmentation de sa température.

Les mélanges gazeux étaient préparés à la teneur désirée avec une grande précision à partir d'air sec et de gaz en bouteille ou de vapeur d'hydrocarbures selon une méthode continue mise au point au laboratoire. La figure 56 représente le dispositif servant à la fabrication des mélanges air-vapeur d'hydrocarbures. La teneur était contrôlée au moyen d'un interféromètre.

La teneur optimale d'inflammation était obtenue lorsque l'inflammation du mélange se produisait pour des intensités les plus faibles dans le minimum de temps.

Des mélanges d'air et de gaz combustibles tels butane, propane ou de vapeurs de liquides tels benzène, essence, acétone, pentane, nous ont permis de constater que le pentane était le gaz type pouvant servir aux essais définitifs.

Plus de 40 essais effectués à des teneurs différentes nous ont permis de préciser la teneur optimale d'inflammation du pentane par échauffement d'un fil conducteur parcouru par des courants électriques.

Dans ce mélange à teneur optimale d'inflammation nous avons éprouvé un lot de 100 ampoules. Le courant normal d'alimentation des 42 premières dépassait 165 mA. Elles ont été brisées en présence du mélange explosif, le courant qui parcourait leur filament étant majoré de 10 % seulement. L'inflammation du mélange a été obtenue avec une probabilité de 5/10. Nous avons constaté, lors de ces derniers essais, que les filaments parcourus par des courants faibles (165 mA) enflammaient le mélange avec une probabilité égale à ceux parcourus par des courants plus élevés (185 mA).

Les 58 dernières ampoules ont été éprouvées sans majorer le courant. L'inflammation a été obtenue avec une probabilité de 2/10. Les courants les plus faibles pour lesquels l'inflammation était encore obtenue, ont été trouvés égaux à 150 mA.

Nous n'avons pas poursuivi les essais sur des ampoules parcourues par des intensités de courant

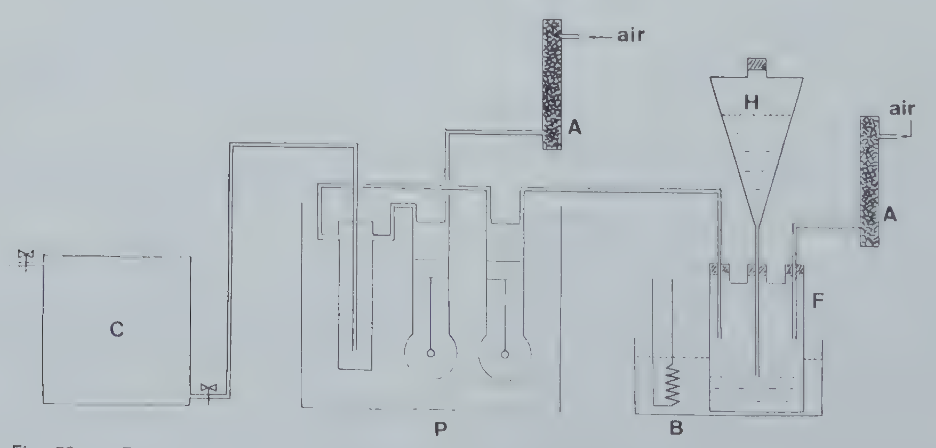


Fig. 56. — Dispositif servant à la fabrication de mélanges gazeux explosifs composés d'air et de vapeur d'hydrocarbures.
C. cuve métallique servant aux essais - P. pompes volumétrique Wösthoff - B. bain à température constante - F. flacon de Wolf - A. assécheur (gel de silice) - H. réserve d'hydrocarbure liquide.

inférieures à 0,15 A, leur puissance lumineuse n'étant pas susceptible de satisfaire les utilisateurs et nous avons conclu que la sécurité du circuit lumineux des lampes torches destinées à fonctionner en présence de gaz ou de vapeurs dérivés du pétrole devait être assurée par un autre mode de sécurité que la sécurité intrinsèque.

63. MATERIEL DE SECURITE AUGMENTEE

Au cours de l'année 1972, vingt-quatre nouvelles demandes d'agréation et de certificats de conformité ont été introduites.

631. Matériel agréé ou certifié conforme à la norme NBN 717

— Matériel destiné aux mines

Pour l'année 1972, les appareils suivants ont été essayés et proposés à l'agréation comme matériel de sécurité augmentée :

Boîte à bornes ou bornes de raccordement	3
Traversée isolante ou socle à bornes	2
Armature d'éclairage	1
Divers	2
Total :	8

— Matériel destiné aux industries autres que les mines

Les appareils suivants ont été examinés et trouvés conformes aux prescriptions de la norme NBN 717 :

Moteurs	2
Boîte à bornes ou bornes de raccordement	2
Bornes ou socle à bornes	2
Divers	1
Total :	7

En outre, trois appareils ont été refusés.

632. Certificats de conformité suivant NEN 3125 (norme hollandaise)

A la demande d'un constructeur des Pays-Bas, deux boîtes à bornes d'un moteur antidéflagrant ont été examinées suivant la norme précitée.

633. Nouvelle installation

Les ACEC ont procédé à l'installation du groupe alternateur pour essais spéciaux. Rappelons que cette installation sera capable :

1) d'alimenter en régime continu des moteurs asynchrones d'une puissance maximum de 160 kW sous $\cos \varphi = 0,7$;
2) de fournir 160 kVA en pointe, ce qui correspond à un essai de moteur à rotor bloqué, pendant 45 s sous $\cos \varphi = 0,2$ à 0,35;
3) de procéder à des essais pour les fréquences et tensions ci-après :
   à 50 Hz : 220 V - 380 V - 500 V - 860 V
   à 60 Hz : 260 V - 440 V

L'équipement complétant cette installation (appareils de mesure - système de mise en charge...) a été commandé.

64. ELECTRICITE STATIQUE

Douze tuyaux à air comprimé du type auto-conducteur, ayant fait l'objet d'une demande d'agréation, ont été soumis aux essais réglementaires. Neuf d'entre eux ont été reconnus conformes aux prescriptions imposées et ont été proposés à l'agréation.

65. DIVERS

651. Matériel de soudage

Deux soupapes anti-retour de flamme pour chalumeau ont été examinées et essayées, mais n'ont pas satisfait aux essais.

652. Etude des alliages légers

Divers échantillons d'alliages légers ont été soumis à l'essai au pic rasant. Tous ces échantillons ont enflammé le mélange air-grisou. Les essais se

poursuivent et les résultats de cette étude feront l'objet d'une publication.

653. Travaux effectués par le laboratoire d'électronique pour le Service des Explosifs

Il a été procédé au remontage de l'installation de contrôle de la régularité des détonateurs à court retard et à la mesure de la puissance.

654. Etude pour l'Administration des Mines

Suite à un incendie survenu dans les travaux souterrains d'une mine du Bassin de Charleroi, nous avons contrôlé le fonctionnement de l'isomètre en service dans ce chantier et la tenue au feu du câble électrique utilisé dans ce chantier.

6541. Essais relatifs au contrôleur d'isolement

Il s'agit d'un contrôleur d'isolement de marque Siemens, type dUR 1476 T-2. Les essais ont consisté à faire fonctionner l'appareil dans les conditions d'emploi en le plaçant en position verticale et en le raccordant à un réseau triphasé à 500 V, le boîtier étant raccordé à la terre.

Dans ces conditions, on a provoqué un défaut d'isolement en reliant une des phases du réseau à la terre par l'intermédiaire d'une résistance variable.

Pour des valeurs de la résistance de défaut comprises entre 0 et 33 kΩ, l'appareil intervient et actionne le disjoncteur, ce qui permet de débrancher l'installation. Le temps de fonctionnement mesuré était de 230 ms.

Des valeurs de la résistance supérieures à 39 kΩ permettent l'utilisation normale du réseau.

6542. Essais relatifs au câble souple

A. **Description du câble**

Il s'agit d'un câble souple sous caoutchouc en exécution renforcée pour le service dur en taille NTMCEU (N) 4 x 35/2 x 1,5 mm^2 bK, conditionné pour tensions de service jusque 1000 V, avec gaine extérieure au néoprène.

La composition de ce câble est la suivante :

a) Conducteurs de puissance de 35 mm^2, un conducteur étant composé de 280 brins de Cu électrolytique étamés.
Ils sont isolés au caoutchouc naturel coloré et entourés d'un ruban textile. L'épaisseur de l'isolement est de 2 mm.
Chaque conducteur est en outre pourvu d'une gaine souple et conductrice individuelle en torons de fils de Cu électrolytique étamés.

b) Conducteur pilote de 1,5 mm^2 en fils de Cu électrolytique étamés de 0,25 mm de diamètre. L'épaisseur de l'isolement est de 0,8 mm. Ces fils pilotes sont placés au centre des quatre conducteurs de puissance, le remplissage du vide entre conducteurs étant assuré par des brins de caoutchouc.
Le câble ainsi formé est entouré d'un ruban textile sur lequel est appliquée la gaine extérieure au néoprène d'une épaisseur de 6,2 mm. Le diamètre extérieur de ce câble est de 50 mm.

B. **Essais de combustion**

■ 1) Sous l'action d'un arc électrique entretenu à son extrémité libre

Un tronçon de câble d'environ 12 m a été raccordé au réseau triphasé à 500 V, chaque conducteur de phase étant alimenté à travers une résistance de 1 ohm.

Dans une première série d'essais, l'arc est amorcé à l'extrémité du câble par tapotement d'un crayon en graphite entre les conducteurs. Dès que l'arc est obtenu, il se maintient quelques secondes. Le courant de phase à ce moment varie entre 300 et 350 A.

Dans une seconde série d'essais, l'arc est amorcé en humidifiant l'extrémité libre du câble avec de la saumure saturée et de la poussière de carbone.

Les résultats furent semblables à ceux de la première série d'essais.

Après une dizaine d'essais consécutifs, l'isolement des conducteurs était brûlé sur une longueur de 2 cm environ.

■ 2) Sous l'action d'un foyer

Un tronçon de 1,60 m a été placé sur un feu de forge porté au rouge vif, le foyer avait un diamètre de l'ordre de 40 cm.

La couche extérieure (néoprène) a été détruite après 20 min. Durant ce temps, si l'on retire le câble du foyer, on n'observe pas de flammes. Par contre, une fois la couche de néoprène percée, si l'on éloigne l'échantillon, des flammes se maintiennent quelques minutes.

Après essai, la longueur brûlée était d'environ 60 cm.

■ 3) Sous l'action d'une flamme extérieure

Dans la partie horizontale de la galerie à incen-

dies de 1,80 x 1,80 m, on a placé sur le gril servant à l'inflammabilité des courroies à largeur entière, deux tronçons de câble de 60 cm de longueur et disposés :

— l'un parallèlement à l'axe de la galerie;

— l'autre perpendiculairement à l'axe de la galerie.

Le brûleur à propane, normalisé pour l'essai de courroies, comporte quatre rampes longitudinales écartées de 15 cm et deux rampes transversales aux extrémités. Il est allumé et poussé en dessous du gril de façon que le tronçon placé perpendiculairement soit attaqué en son centre, tandis que l'autre l'était à une de ses extrémités.

La vitesse du courant d'air dans la galerie était de 1,50 m/s.

Le brûleur a été maintenu ainsi pendant 55 min avant que l'on observe l'incandescence. Après ce temps, il a été retiré et les flammes ont persisté durant 6 min.

Après extinction des flammes, on a observé :

a) Pour le tronçon placé parallèlement à l'axe de la galerie :

l'extrémité offerte au courant d'air a brûlé complètement sur une longueur de 16 cm. La partie inférieure qui était léchée par les flammes avait brûlé sur une longueur de 33 cm.

b) Pour le tronçon placé perpendiculairement à l'axe de la galerie :

une partie d'une longueur de 6 cm a brûlé complètement en son centre, du côté offert au courant d'air, laissant apparaître un conducteur.

■ 4) Nous avons brûlé complètement dans la galerie à incendies, l'échantillon qui avait servi à l'essai au feu de forge. Il était placé perpendiculairement à l'axe de la galerie et exposé sur toute sa partie intacte au brûleur, la vitesse du courant d'air étant portée à 4,5 m/s.

La gaine extérieure était percée après une exposition de 40 min au brûleur. Après retrait de celui-ci, les flammes ont persisté durant 45 min. Le revêtement extérieur et les gaines isolantes des conducteurs étaient détruits sur une longueur de 40 cm.

C. **Examen du câble ayant séjourné dans l'incendie**

Un examen minutieux du tronçon de câble ayant séjourné dans l'incendie n'a pas permis de déceler des traces de perlage.

Ce tronçon était en tout point semblable au tronçon brûlé dans la galerie à incendies.

Ces essais nous ont permis de constater que l'isolement en caoutchouc naturel des conducteurs était très inflammable, tandis que la gaine extérieure en néoprène ne propage pas l'incendie.

Cette dernière doit être percée pour que les flammes se maintiennent.

66. PROPAGANDE POUR LA SECURITE

En 1972, l'Institut National des Industries Extractives, division de Pâturages, a reçu 430 visiteurs.

Comme les années précédentes, le programme des expériences a porté sur les explosifs, le minage, la grisoumétrie, les lampes et le matériel électrique.

C'est ainsi que des élèves ingénieurs des grandes écoles (53), des électriciens (51), des boutefeux (290), des surveillants (18), des délégués à l'inspection des mines (15), ont participé à des essais démonstratifs tant en galerie métallique expérimentale qu'en laboratoire, dont les résultats mettent en évidence la nécessité de se conformer aux réglementations en vigueur.

Outre les expériences, des exposés théoriques et des projections cinématographiques furent suivis par les participants.

7. SECTION SALUBRITE « LUTTE CONTRE LA POLLUTION »

71. ETUDE DE LA POLLUTION DE L'AIR ET DE L'EAU

711. Mesure de la pollution atmosphérique « Fumée-SO_2 »

(Etude financée
par le Ministère de la Santé Publique)

Nous avons poursuivi la mesure des fumées et du SO_2 à l'aide de trente et une stations S.F.

Ces stations, qui ont été installées en Belgique à l'initiative de la Direction générale de l'Hygiène du Ministère de la Santé Publique, permettent de déterminer en continu et par fraction de 24 heures, les fumées, les poussières inférieures à 10 microns et le SO_2 présents dans l'air.

Une pompe électrique à débit constant aspire l'air à travers un filtre en papier, qui retient les fumées et les poussières, et un flacon laveur, qui absorbe le SO_2 et le transforme en acide sulfurique sous l'action de l'eau oxygénée.

Chaque appareil contient huit filtres et huit barboteurs, un dispositif électrique permet de permuter de filtre et de flacon laveur toutes les 24 heures.

Les 31 stations que nous contrôlons chaque semaine sont situées sur un réseau de 650 km.

Nous avons réalisé cette année :
— 13.024 dosages de SO_2
— 13.024 dosages de fumée.

Les résultats de cette étude sont relatés dans un bulletin mensuel publié par l'Institut Royal Météorologique.

Le tableau XXII donne les valeurs moyennes mensuelles et les valeurs maximales mensuelles en SO_2 exprimées en $\mu g/m^3$ que nous avons calculées pour les principales villes où nous contrôlons un appareil S.F.

Nous constatons que les teneurs moyennes mensuelles et les teneurs maximales mensuelles passent par un minimum durant les mois d'été ; nous observons cependant quelques exceptions, notamment à Mouscron et à Ath.

712. Mesure de la pollution d'origine industrielle à l'aide des jauges de dépôts

Actuellement, une centaine de jauges de dépôts sont installées dans l'environnement des industries sidérurgiques, des cokeries et des cimenteries dans les régions de Charleroi, Mons, Quenast, Vilvorde, Tournai.

Ces jauges sont exposées 8 semaines, puis ramenées au laboratoire après avoir été remplacées.

Les principales déterminations effectuées sur le contenu de celles-ci sont :

— le pH de l'eau
— le volume d'eau recueillie
— la masse des poussières solubles
— la masse des poussières insolubles
— la masse totale des matières recueillies
— la masse totale des ions SO_4
— le pH est déterminé le jour même de la collecte à l'aide d'un pH-mètre.

Les poussières insolubles sont séparées de la phase liquide par décantation, centrifugation et évaporation à 100°C.

La masse des poussières solubles est déterminée sur un échantillon de 250 ml d'eau, par pesée après évaporation à sec de celui-ci.

Les ions SO_4 sont dosés par néphélométrie en présence de chlorure de Barium.

Tableau XXII

Valeur moyenne mensuelle en SO_2 exprimé en $\mu g/m^3$ d'air
Les valeurs mises entre parenthèses représentent les teneurs maximales observées durant le mois

Ville / Mois (1972)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mouscron	150 (232)	137 (207)	141 (244)	87 (233)	69 (150)	90 (143)	141 (267)	166 (422)	123 (188)	123 (181)	136 (266)	135 (253)
Leuze	99 (192)	103 (192)	77 (169)	46 (101)	47 (108)	46 (83)	32 (76)	47 (99)	44 (119)	62 (152)	60 (145)	74 (204)
Mons	188 (312)	211 (256)	130 (215)	74 (141)	65 (116)	53 (89)	25 (53)	31 (87)	58 (124)	118 (190)	118 (219)	180 (363)
Soignies	127 (213)	122 (205)	92 (171)	51 (132)	49 (169)	44 (98)	37 (79)	41 (104)	58 (113)	99 (161)	63 (119)	111 (288)
Enghien	126 (200)	100 (208)	72 (153)	51 (101)	58 (122)	37 (70)	28 (58)	43 (102)	62 (129)	69 (131)	72 (127)	74 (249)
Ath	91 (187)	99 (217)	94 (209)	76 (187)	78 (172)	60 (114)	78 (141)	99 (377)	85 (138)	78 (131)	69 (154)	97 (255)
Tournai I	106 (207)	99 (201)	118 (249)	62 (101)	66 (156)	65 (106)	74 (133)	80 (227)	80 (143)	131 (248)	67 (165)	93 (239)
Tournai II	109 (166)	112 (188)	127 (238)	56 (117)	42 (111)	39 (90)	34 (70)	54 (180)	71 (162)	112 (198)	60 (130)	66 (143)
Courtrai	212 (314)	201 (401)	186 (348)	105 (180)	106 (189)	116 (158)	95 (146)	128 (217)	148 (287)	168 (246)	147 (231)	184 (329)
Renaix	152 (348)	120 (221)	131 (228)	92 (171)	71 (161)	57 (140)	64 (169)	59 (173)	97 (191)	117 (227)	107 (306)	144 (311)
Audenarde	131 (214)	116 (214)	72 (132)	45 (119)	49 (103)	52 (92)	46 (97)	54 (131)	57 (127)	92 (155)	51 (140)	76 (208)
Ninove	127 (212)	129 (248)	102 (181)	55 (125)	57 (106)	56 (107)	53 (96)	63 (252)	84 (166)	103 (165)	79 (195)	116 (332)

Les matières recueillies et les ions SO_4 sont exprimés en mg/m²/jour.

Le tableau XXIII donne, par région, les minima et maxima observés pour le pH des eaux recueillies, les ions SO_4 et les retombées totales.

Tableau XXIII

Minima et maxima observés en 1972 pour les retombées totales, le pH et les ions SO_4 des eaux recueillies dans les jauges de dépôt

	pH		ions SO_4 mg/m²/jour		Retombées totales mg/m²/jour	
	minima	maxima	minima	maxima	minima	maxima
Dampremy	7,1	10,0	24	248	473	9880
Marcinelle	4,0	9,9	30	74	109	872
Mons	6,4	9,5	29	96	155	1190
Obourg	7,1	9,9	31	95	144	1328
Harmignies	5,6	9,7	19	58	65	796
Vilvorde	3,8	6,0	25	101	138	2976
Quenast	4,2	7,4	20	77	116	3680
Rebecq	4,0	6,3	24	70	151	763
Vaulx	7,0	10,7	41	108	345	2350

713. Etude de la pollution solide dans l'environnement des cimenteries de Mons et de Vaulx-lez-Tournai

Au Nord de la ville de Mons à 4 km du centre, se trouve un des plus importants complexes de cimenteries de Belgique implanté sur la commune d'Obourg le long du canal du Centre.

Le centre de la ville de Mons et celui de la commune d'Obourg sont situés sur un axe nord-est sud-ouest passant par l'aire géographique où sont implantées les cimenteries.

A Vaulx, le complexe industriel implanté dans la commune comprend une cimenterie de moyenne importance et une installation de concassage de calcaire.

Six stations de mesure à Mons, quatre à Obourg et cinq à Vaulx sont équipées d'une jauge de dépôt et de dix plaquettes vaselinées de 4 x 10 cm, exposées horizontalement durant deux semaines.

Les opérations effectuées sur les jauges sont décrites au paragraphe 712.

Les poussières collectées par les plaquettes vaselinées sont séparées de la vaseline par dissolution de celle-ci dans de l'éther de pétrole.

Pour les plaquettes, comme pour les jauges, les résultats sont exprimés en mg/m²/jour.

Les figures 57 à 61 résument les résultats obtenus à Mons, Obourg et Vaulx aux stations de mesure suivantes :

— fig. 57 : station C placée à Mons à 1,8 km des cimenteries (Drève des prophètes);
— fig. 58 : station G placée à Mons à 3,5 km des cimenteries (rue Victor Maistriau);
— fig. 59 : station B placée à Obourg à 700 m des cimenteries (Grand-Place);
— fig. 60 : station A placée à Vaulx à 150 m de la cimenterie (cité du Chemin vert);
— fig. 61 : station E placée à Vaulx à 700 m de la cimenterie (rue des Vignobles).

Ces figures donnent la représentation graphique du taux de pollution solide pour les différents mois de l'année; le trait fin représente le niveau de pollution observé à partir des plaquettes, le trait épais indique le niveau de pollution (poussières solubles + poussières insolubles) obtenu à l'aide des jauges de dépôt. Durant la période des congés, les mesures à partir des plaquettes ont été interrompues.

Les stations C, G à Mons et E à Vaulx sont situées en avant des cimenteries pour les vents nord-est, les stations B à Obourg et A à Vaulx sont installées en aval des cimenteries pour les vents sud-ouest.

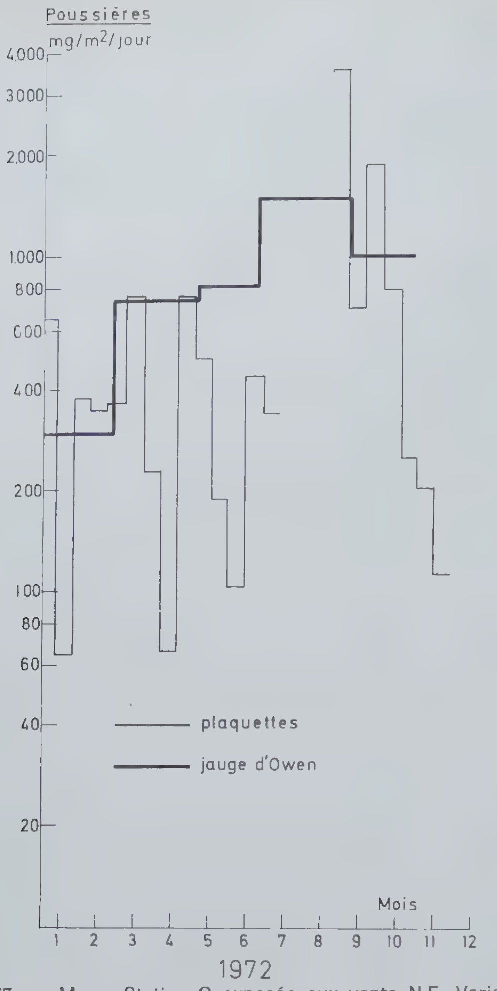


Fig. 57. — Mons, Station C exposée aux vents N.E. Variation du niveau de pollution solide au cours de l'année.



Fig. 58. — Mons, station G exposée aux vents N.E. Variation du niveau de pollution solide au cours de l'année.

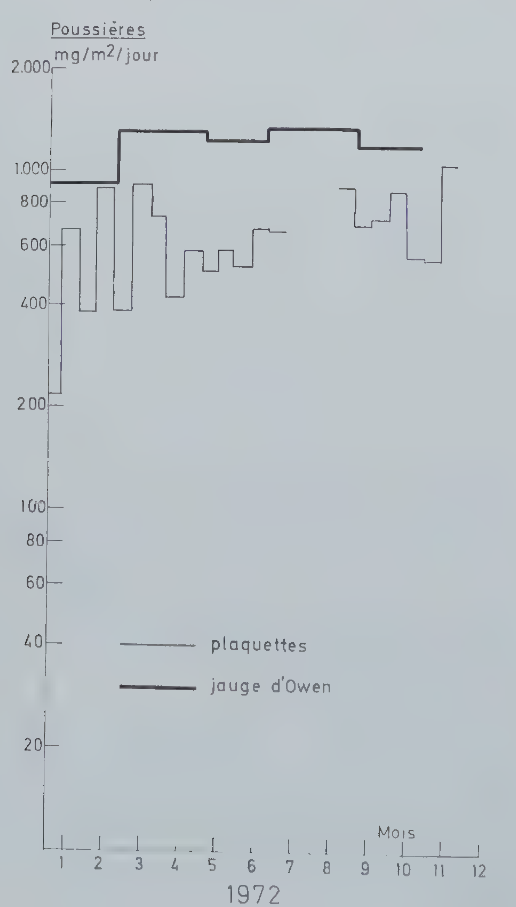


Fig. 59. — Obourg, station B exposée aux vents N.E. Variation du niveau de pollution solide au cours de l'année.

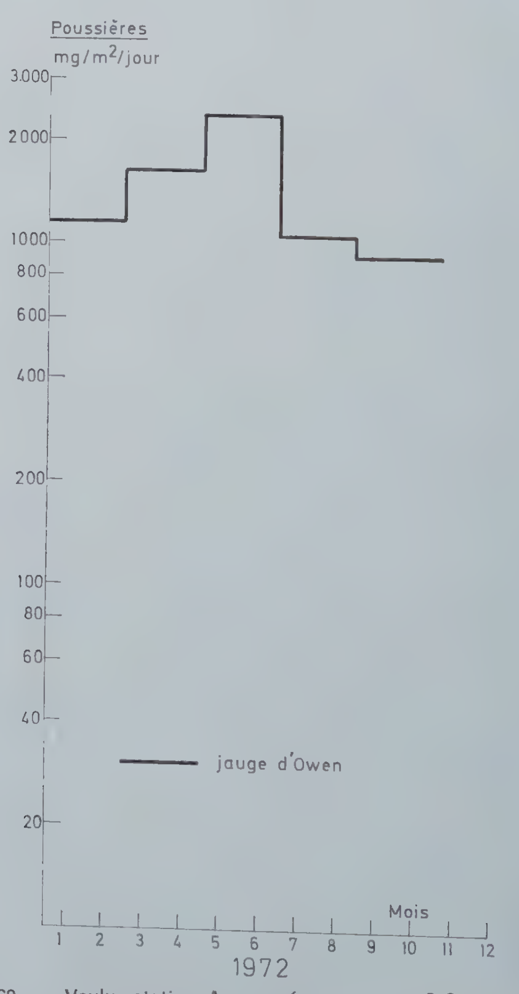


Fig. 60. — Vaulx, station A exposée aux vents S.O. Variation du niveau de pollution solide au cours de l'année.

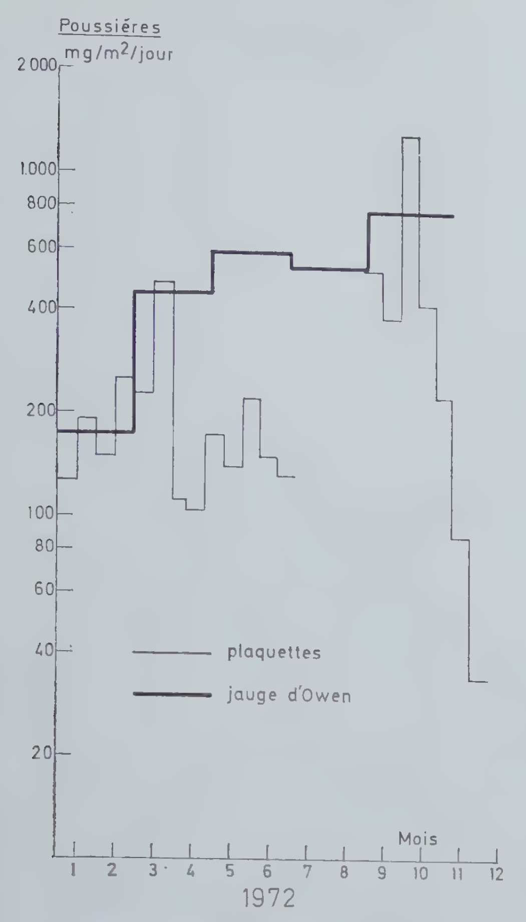


Fig. 61. — Vaulx, station E exposée aux vents N.E. Variation du niveau de pollution solide au cours de l'année.

A Mons, nous observons :

1°) que le niveau de la pollution solide déterminé à partir des jauges augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche des cimenteries; les taux de pollution à 1,8 km et à 3,5 km des usines sont respectivement compris entre 200 et 750 mg/m²/jour et 300 et 1500 mg/m²/jour;

2°) que, durant plusieurs périodes de l'année, la technique des plaquettes a mis en évidence des pointes de pollution comprises entre 1000 mg et 3500 mg/m²/jour, ces périodes de l'année étant caractérisées par un régime de vents dominants du nord-est et par un temps relativement sec.

A Obourg, le niveau de pollution observé à l'aide des jauges se situe entre 900 et 1400 mg à 700 m des usines; il est toujours supérieur au niveau de pollution déterminé à partir des plaquettes, car cette région est polluée par la cimenterie lorsque les vents soufflent du sud-ouest et que le temps est pluvieux. Dans ces conditions, les résultats obtenus par les plaquettes sont erronés, une partie des poussières déposées étant entraînées par les pluies.

A Vaulx, le niveau de pollution mesuré par les jauges à 150 m au nord-est des cimenteries est compris entre 900 et 2350 mg/m²/jour, à 700 m au nord-est des cimenteries, il se situe entre 175 et 800 mg/m²/jour; dans ce dernier cas, la technique des plaquettes fait ressortir quelques pointes de pollution.

714. Etude de la pollution solide à Mons à l'aide d'un aspirateur équipé d'une membrane filtrante

L'air pollué est aspiré à travers une membrane filtrante qui retient les poussières. Au laboratoire, les poussières sont séparées de la membrane après dissolution de celle-ci et ensuite pesées. Connaissant le volume d'air aspiré, le poids des poussières retenues, on peut alors déterminer la concentration en poussières de l'air aspiré.

L'appareillage se compose d'une tête filtrante, d'un aspirateur et d'un contrôleur de débit couplé à un enregistreur. Il fonctionne en permanence lorsque les vents soufflent du nord-est et est installé dans la propriété du Centre des maladies du bétail (drève du prophète, Mons). Les filtres utilisés pour collecter les poussières, sont des membranes filtrantes en fibres de polystérol de 160 mm de diamètre.

Le débit d'aspiration, qui est en moyenne de 10 m³/h, a été choisi de manière à ne pas créer une trop grande dépression dans l'environnement de la tête filtrante.

Les résultats obtenus pour cette année sont résumés au tableau XXIV où nous avons mentionné respectivement la période de l'année durant laquelle l'aspirateur a fonctionné, le temps de fonctionnement de celui-ci durant cette période, le débit d'aspiration, le poids des poussières collectées sur le filtre et la teneur moyenne en poussières dans l'air aspiré à 20 °C.

La valeur moyenne calculée pour l'année est de 0,190 mg/m³, la valeur maximum atteinte est de 0,451 mg/m³.

Comme les mesures d'empoussièrement faites dans des conduits, ces mesures sont influencées par la vitesse de l'air où l'aspiration est réalisée; il serait donc judicieux de comparer seulement des essais pour lesquels la vitesse des vents est identique. L'appareillage doit donc être complété par des dispositifs donnant des informations sur la vitesse des vents, l'heure et le jour de fonctionnement de l'aspirateur.

Tableau XXIV

Teneurs moyennes en poussières captées sur membrane filtrante et exprimées en mg/m^3

Période de fonctionnement de l'aspirateur	Temps d'aspiration	Débit d'aspiration	Poids des poussières collectées	Teneur moyenne en poussières dans l'air aspiré à 20 °C
25.01.72 au 08.02.72	6 h 30	10 m^3/h	61,4 mg	0,123 mg/m^3
08.02.72 au 29.02.72	25 h 30	10 m^3h	97,2 mg	0,360 mg/m^3
29.02.72 au 17.03.72	28 h 15	9,7 m^3/h	129,1 mg	0,451 mg/m^3
17.03.72 au 11.04.72	29 h 30	10 m^3/h	53,8 mg	0,177 mg/m^3
11.04.72 au 10.05.72	206 h 45	9,5 m^3/h	182,7 mg	0,090 mg/m^3
10.05.72 au 01.06.72	47 h 15	9,5 m^3/h	87,2 mg	0,187 mg/m^3
01.06.72 au 08.06.72	5 h 30	10,5 m^3/h	5,4 mg	0,090 mg/m^3
08.06.72 au 23.06.72	45 h	10,5 m^3/h	77,9 mg	0,162 mg/m^3
23.06.72 au 29.06.72	11 h	11 m^3/h	24,9 mg	0,300 mg/m^3
29.06.72 au 05.07.72	16 h 30	10 m^3/h	23,1 mg	0,140 mg/m^3
05.07.72 au 13.07.72	10 h 10	10 m^3/h	16,5 mg	0,160 mg/m^3
13.07.72 au 20.07.72	117 h 50	10 m^3/h	286,7 mg	0,246 mg/m^3
25.07.72 au 06.09.72	205 h	9,5 m^3/h	603,2 mg	0,202 mg/m^3
06.09.72 au 14.09.72	15 h 40	10 m^3/h	27,5 mg	0,167 mg/m^3
14.09.72 au 26.09.72	104 h 30	10,5 m^3/h	220 mg	0,196 mg/m^3
26.09.72 au 04.10.72	26 h	10,5 m^3/h	47,4 mg	0,246 mg/m^3
04.10.72 au 16.10.72	99 h 30	10,5 m^3/h	175,8 mg	0,163 mg/m^3
16.10.72 au 30.11.72	80 h	10,5 m^3/h	172,3 mg	0,196 mg/m^3
30.11.72 au 19.12.72	10 h 15	10,5 m^3/h	35,5 mg	0,316 mg/m^3
19.12.72 au 04.01.73	32 h 30	10,5 m^3/h	93,6 mg	0,258 mg/m^3

715. Mesure de la pollution de l'air dans l'environnement de la raffinerie de Feluy

Dans les communes de Familleureux, Mignault, Feluy, Seneffe, Ecaussines-Lalaing et Marche-lez-Ecaussines, un appareil S.F. qui mesure la pollution due aux fumées et au SO^2 ainsi qu'une jauge de dépôt, ont été installés en permanence durant cette année; à La Louvière et à Nivelles, il n'y avait pas de jauge mais uniquement un appareil S.F.

Tableau XXV

Minima et maxima observés en 1972 pour les retombées totales, le pH et les ions SO_4 des eaux recueillies dans les jauges de dépôt installées dans l'environnement du complexe pétrochimique de Feluy

Stations	pH		Retombées totales $mg/m^2/jour$		Ions SO_4 en $mg/m^2/jour$	
	minima	maxima	minima	maxima	minima	maxima
Feluy	4,80	6,20	126	292	26	63
Seneffe	5,50	6,35	188	344	30	71
Ecaussines Lalaing	5,25	8,25	201	350	24	71
Familleureux	5,60	6,70	122	477	28	73
Marche-lez-Ecaussines	5,00	6,50	128	283	31	83
Mignault	5,55	6,55	150	480	31	86

Tableau XXVI

Teneur moyenne mensuelle en SO_2 exprimée en $\mu g/m^3$ d'air

Les valeurs mises entre parenthèses représentent les teneurs maximales durant le mois

Commune / Mois 1972	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mignault	83 (140)	81 (161)	59 (115)	30 (69)	44 (118)	44 (111)	45 (155)	51 (172)	46 (86)	74 (120)	59 (102)	70 (132)
Marche-lez-Ecaussines	62 (123)	58 (128)	42 (73)	30 (85)	37 (78)	26 (57)	24 (65)	34 (94)	29 (64)	35 (68)	23 (56)	25 (47)
Familleureux	65 (121)	82 (192)	67 (134)	45 (109)	44 (105)	51 (113)	40 (79)	46 (99)	49 (126)	64 (123)	47 (110)	53 (165)
Seneffe	92 (157)	83 (152)	83 (154)	49 (89)	51 (104)	41 (71)	22 (54)	43 (225)	43 (77)	86 (137)	35 (76)	73 (191)
Feluy	63 (104)	83 (233)	63 (144)	60 (125)	61 (133)	63 (206)	108 (286)	108 (296)	82 (221)	65 (191)	59 (222)	133 (194)
Ecaussines Lalaing	74 (137)	69 (171)	53 (115)	34 (103)	38 (111)	33 (68)	37 (105)	33 (82)	53 (183)	52 (141)	74 (129)	69 (207)
Monstreux	65 (112)	75 (129)	52 (103)	34 (94)	35 (97)	34 (67)	36 (114)	41 (123)	36 (71)	59 (176)	47 (107)	53 (137)
Nivelles	130 (222)	131 (241)	121 (189)	102 (197)	80 (143)	58 (118)	43 (111)	48 (102)	68 (121)	112 (201)	146 (221)	148 (333)
La Louvière	151 (272)	142 (219)	117 (241)	81 (155)	91 (223)	72 (161)	66 (197)	65 (250)	91 (179)	99 (142)	142 (246)	218 (491)

Sur le contenu des jauges de dépôt qui recueillent durant quatre semaines les poussières sédimentées et les pluies qui sont chargées des polluants gazeux et solides présents dans l'atmosphère, nous avons fait les déterminations suivantes :

1) pH de l'eau;
2) masse des poussières insolubles et des poussières solubles (retombées totales);
3) masse des ions SO_4.

Le tableau XXV résume les résultats obtenus pour l'année; les retombées totales et les ions SO_4 sont exprimés en milligrammes par mètre carré et par jour.

Le tableau XXVI donne les teneurs moyennes mensuelles du SO_2 et les teneurs maximales mensuelles en SO_2 mesurées à partir de l'appareil S.F.; ces valeurs sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air.

A Nivelles et à La Louvière, on constate que les teneurs en SO_2 sont minimales durant les mois d'été, cette observation a également été constatée pour d'autres villes ainsi que nous l'avons mentionné au paragraphe 711.

Par contre dans les autres communes limitrophes de la raffinerie, qui ont une densité de population relativement faible, et tout particulièrement à Familleureux et à Feluy, on observe durant les mois d'été des teneurs mensuelles en SO_2 qui sont égales ou supérieures à celles mesurées durant les mois d'hiver.

En résumé, on peut donc admettre que la pollution due au SO_2 à Nivelles et à La Louvière est déterminée par le chauffage domestique; pour les communes rurales voisines de la raffinerie, ce phénomène n'est plus évident.

716. Mise au point d'une méthode simple pour la détermination des hydrocarbures légers dans l'air

L'analyse des hydrocarbures dans l'atmosphère peut se faire par des analyseurs. Ceux-ci donnent une mesure directe, continue mais globale des hydrocarbures; c'est ainsi que les analyseurs M.S.A., qui sont basés sur le courant ionique développé par une flamme hydrogène-air en présence d'hydrocarbures, donnent des teneurs d'hydrocarbures exprimées en p.p.m. de méthane.

Ces appareils sont onéreux; de plus, nous avons pu constater, à partir des deux modèles que nous possédons, que l'équipement électronique nécessite des conditions particulières d'utilisation.

C'est pourquoi, il est utile de disposer d'une technique plus simple qui consiste à piéger les hydrocarbures sur les lieux de pollution pour les analyser ensuite au laboratoire.

Depuis 1967, une méthode de prélèvement des hydrocarbures par adsorption sur des cartouches de « Chromosorb », suivie de désorption thermique au laboratoire, a été développée avec succès par le laboratoire d'INIEX de Liège. Cependant, cette méthode qui convient pour le prélèvement des hydrocarbures lourds, à température ambiante, ne peut être utilisée pour les hydrocarbures légers que moyennant un refroidissement permanent du tube d'échantillonnage au moyen d'air liquide ou de neige carbonique.

Ce refroidissement constitue une sujétion gênante pour la réalisation de prélèvements de longue durée et, pour obvier à cet inconvénient, nous avons poursuivi les recherches en vue de mettre au point une technique applicable à température ambiante.

Pour piéger les hydrocarbures, nous avons choisi l'adsorption sur charbon de bois, qui adsorbe les vapeurs à la température ambiante (20 °C), ce qui n'est pas le cas pour les autres adsorbants : gel de silice, alumine, etc.

L'analyse des hydrocarbures après désorption est faite au laboratoire par chromatographie en phase gazeuse.

Dans une première phase de cette recherche, nous avons étudié suivant trois techniques différentes le rendement de l'adsorption et de la désorption pour un mélange de pentane, d'hexane, d'heptane et d'octane, ces hydrocarbures étant en quantité volumique égale.

a) **Désorption des hydrocarbures à 50 °C par un gaz « porteur » et absorption des hydrocarbures dans un solvant**

Dans une première étape, l'air contenant une concentration connue en hydrocarbures est aspiré, à raison de 1,5 litre par minute, à travers une charge de charbon de bois de 100 g et deux barboteurs, placés en séries, contenant 50 ml d'alcool isobutylique refroidi à — 78 °C. La teneur moyenne en hydrocarbure dans l'air est de 7 g/m³.

L'analyse de l'alcool isobutylique placé en aval de la charge permet de contrôler le rendement de l'adsorption.

Le charbon de bois, au cours d'une seconde étape, est désorbé par un courant d'azote à la température de 350 °C; les hydrocarbures entraînés par l'azote sont absorbés dans de l'alcool isobutylique refroidi à — 78 °C.

Dans les conditions expérimentales que nous avons utilisées, nous avons constaté :

1°) que l'adsorption des hydrocarbures est totale;

2°) que le rendement du cycle « adsorption » et « désorption » est au maximum de 78 %.

b) Désorption des hydrocarbures à 350 °C par l'hélium et analyse des gaz désorbés par chromatographie en phase gazeuse

Sur la vanne de commutation des échantillons gazeux du chromatographe, nous avons placé en dérivation un dispositif comprenant un injecteur pour liquide et une colonne, contenant la charge de charbon actif, placée en aval de ce dernier.

Lors de la phase d'adsorption, dix microlitres contenant des quantités égales en volume de pentane, hexane, heptane et octane sont injectés dans le circuit de dérivation et entraînés à travers la charge de charbon actif de 0,400 g par un courant d'azote de 0,2 litre par minute; le gaz porteur et la charge de charbon de bois sont à la température du laboratoire (~ 23 °C); cette opération dure vingt-quatre heures.

Le charbon de bois est ensuite désorbé à la température minimum de 350 °C à l'aide d'hélium; l'hélium chargé des hydrocarbures passe ensuite dans le chromatographe.

Le chromatogramme A représenté à la figure 62 résulte de 10 μl d'hydrocarbures adsorbés par le charbon de bois à 23° et désorbés ensuite à 350 °C.

Le chromatogramme B, chromatogramme témoin, correspond à 10 μl d'hydrocarbures ayant simplement traversé le charbon actif porté à 350 °C.

On constate donc que la géométrie des pics correspondant aux différents hydrocarbures ayant subi le cycle complet « adsorption-désorption » n'est pas comparable à celle des pics de l'échantillon témoin; de ce fait, il est difficile d'identifier les différents hydrocarbures et d'établir une détermination quantitative de ceux-ci.

De plus, on peut craindre au cours de la phase de désorption une oxydation partielle des hydrocarbures par l'air et l'eau adsorbés par le charbon.

c) Désorption des hydrocarbures par extraction du charbon actif à l'aide de sulfure de carbone

Phase d'adsorption

Cent microlitres d'hydrocarbures sont injectés

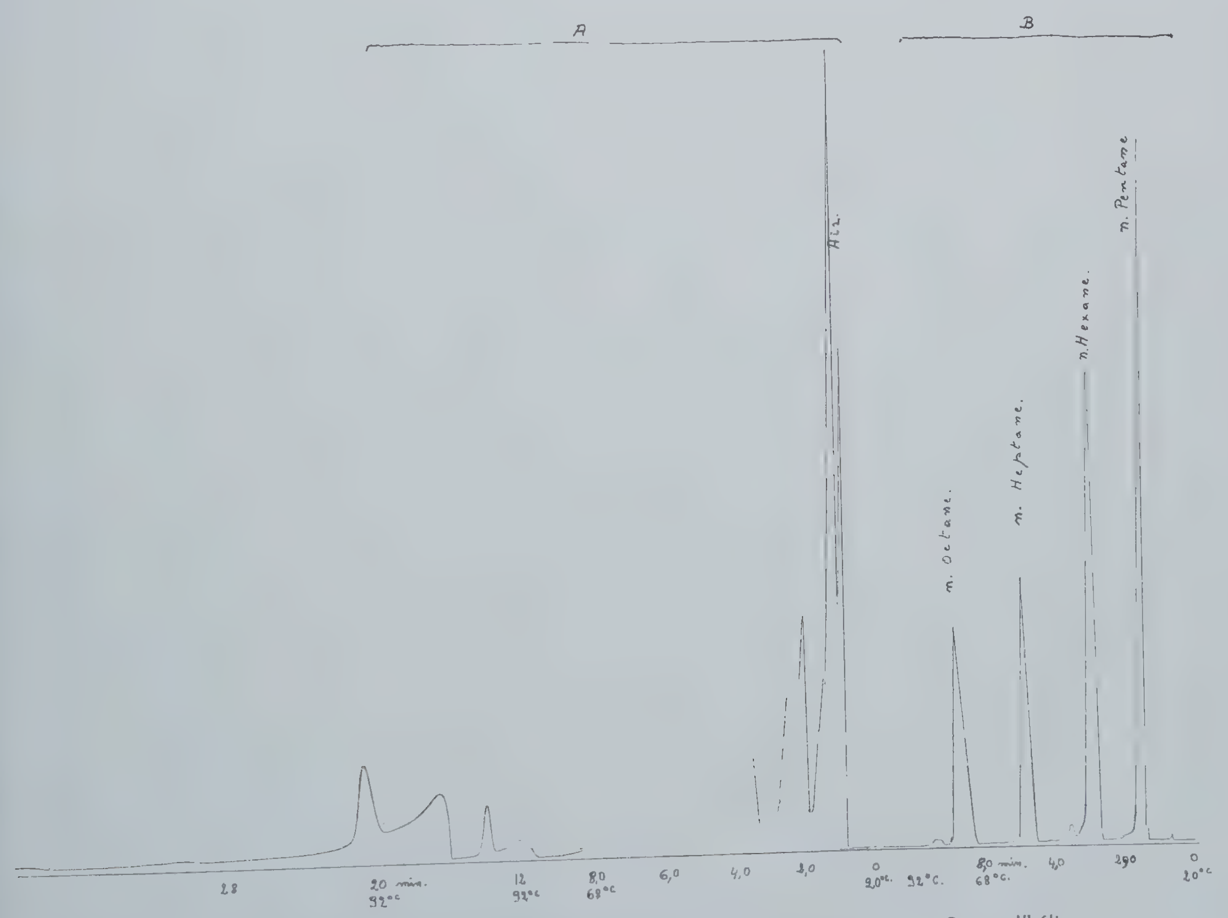


Fig. 62. — Analyse : 1) des hydrocarbures désorbés du charbon actif à 350 °C par l'hélium (chromatogramme A) - 2) des hydrocarbures du mélange témoin (chromatogramme B)

dans un circuit placé en dérivation sur la vanne de commutation des échantillons gazeux du chromatographe; ce circuit comprend, en plus du système d'injection, deux colonnes placées en série contenant chacune 1 g de charbon actif, le tout maintenu à la température ambiante.

Les hydrocarbures injectés sont entraînés vers les colonnes de charbon actif par un courant d'azote de 0,2 litre par minute durant 24 heures pour voir si les hydrocarbures adsorbés par la première charge ne sont pas élués au cours du temps.

Phase de désorption

Les charges de charbon actif sont traitées séparément dans un extracteur à l'aide de 50 ml de CS_2; un mélange témoin de 50 ml de CS_2 et de 100 μl d'hydrocarbures est également traité à l'extracteur dans les mêmes conditions expérimentales.

L'analyse, qui se fait par chromatographie à ionisation de flamme, porte sur cinq microlitres du mélange CS_2-hydrocarbures.

La figure 63 donne les chromatogrammes correspondant respectivement :

— aux hydrocarbures du mélange témoin (chromatogramme A),
— aux hydrocarbures extraits du charbon actif placé immédiatement en aval de l'injecteur (chromatogramme B),
— aux hydrocarbures extraits de la seconde charge de charbon actif (chromatogramme C).

On constate à l'examen de la figure 63 que la géométrie des pics correspondant aux hydrocarbures extraits est identique à celle des hydrocarbures utilisés comme témoin; dans ce cas, l'identification des pics du chromatogramme est aisée, ainsi que la détermination quantitative des hydrocarbures correspondants.

On observe en plus que, dans les conditions expérimentales spécifiées, l'adsorption des hydrocarbures a été complète dans la première charge et qu'il n'y a pas eu d'élution durant les 24 heures de l'essai; en effet, le chromatogramme C corres-

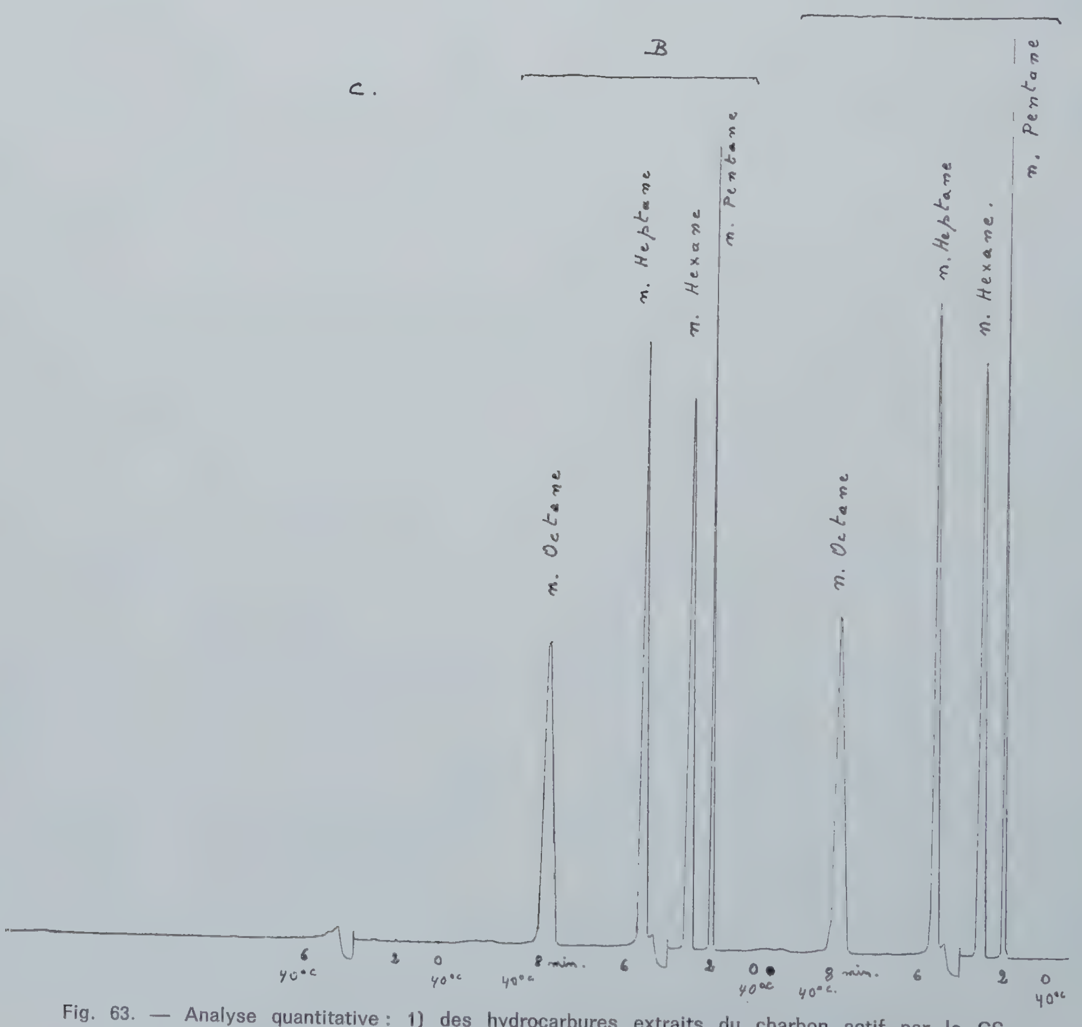


Fig. 63. — Analyse quantitative : 1) des hydrocarbures extraits du charbon actif par le CS_2 (chromatogrammes B et C) - 2) des hydrocarbures du mélange témoin.

Tableau XXVII

Analyses physico-chimiques des eaux prélevées dans le canal Bruxelles-Charleroi à hauteur des déversoirs du complexe pétrochimique

	A_1	B_1	C_1	A_2	B_2	C_2
Caractères physico-chimiques						
Température en °C	11	11	11	8	8	8
pH	7,4	8	7,8	6,85	7,65	7,65
Résistivité en cm^2/cm à 18 °C	380	920	950	266	874	893
Examens préliminaires						
Matières insolubles en mg/litre	23,60	4,80	13,60	12,80	11,20	10,80
Matières solubles en mg/litre	1854,40	790,40	771,60	2936,40	858,80	828,40
Matières totales en mg/litre	1878,00	795,20	785,20	2949,20	870,00	839,20
Titre alcalin phénolphtaléine en degrés français	0	0	0	0	0	0
Titre alcalin méthylorange degrés français	11,10	16,70	16,80	4,00	17,20	17,20
Dureté totale en degrés français	30,30	34,90	35,90	104,00	36,80	35,60
Dureté permanente en degrés français	26,10	20,00	19,30	102,00	23,60	22,40
Contrôle chimique						
Oxygène consommé biochimiquement par les germes aérobies ($B.O.D_5$) en mg/litre	42,32	5,06	5,21	23,52	4,33	3,43
Oxygène consommé chimiquement en mg/litre	16,82	4,35	4,65	6,30	4,15	4,10
Putrescibilité en jours	5	0	0	5	0	0
Azote organique en N en mg/l	0	1,01	1,06	0,50	3,33	3,36
Azote ammoniacal en N en mg/l	13,80	1,06	1,40	0	0	0
Azote nitrique en N en mg/litre	7,60	4,47	4,56	0,93	7,61	6,52
Azote nitreux en N en mg/litre	2,70	0,32	0,24	0	0,18	0,12
Orthophosphates en mg/litre	0,62	0,77	1,11	7,73	1,04	1,13
Sulfates en mg/litre	20,35	152,83	150,32	36,48	168,57	168,57
Chlorures en mg/litre	596,00	182,00	168,00	1320,00	197,50	186,50
Silice soluble en SiO_2 en mg/l	7,20	9,00	9,00	12,70	11,10	10,90
Huiles et graisses en mg/litre	30,60	9,00	7,10	0	8,75	1,65
Phénols en mg/litre	18,50	12,50	9,50	3,50	11,00	7,00
Détergents en mg/litre	250,00	0	0	12600,00	200,00	400,00

pondant à l'analyse de l'extrait de la seconde charge ne présente aucun pic excepté celui dû au CS_2.

A partir des chromatogrammes du mélange témoin (CS_2 + hydrocarbures) et du mélange (CS_2 + extrait de la première charge de charbon actif), nous avons calculé pour chacun des hydrocarbures le rendement du cycle complet « adsorption-désorption »; les résultats sont résumés au tableau ci-dessous.

Hydrocarbures	Rendement du cycle « adsorption-désorption »
Pentane	69,5 %
Hexane	94 %
Heptane	93,7 %
Octane	90 %

Le rendement pour l'octane pourra probablement être amélioré en prolongeant la durée de la phase d'extraction; pour le pentane, le problème est plus difficile à cause du point d'ébullition relativement faible de cette substance (37 °C).

Conclusion

Il apparaît donc possible de piéger efficacement à la température ambiante les hydrocarbures ayant un point d'ébullition supérieur à 36 °C par du charbon actif.

Le traitement au sulfure de carbone du charbon actif permet d'extraire efficacement les hydrocarbures piégés et d'analyser ceux-ci avec précision par chromatographie en phase gazeuse ou éventuellement par d'autres techniques telles que la spectrométrie infra-rouge.

717. Contrôle de la pollution de l'eau du canal Bruxelles-Charleroi

Le laboratoire est agréé depuis cette année par le Ministère de la Santé Publique pour le contrôle physico-chimique de la pollution des eaux.

En accord avec les fonctionnaires du Ministère de la Santé Publique, nous faisons périodiquement des prélèvements d'eau dans le canal à hauteur des déversoirs du complexe pétrochimique de Feluy, ainsi qu'à 70 m en amont et 50 m en aval de ceux-ci.

Les résultats des analyses d'eau prélevées en novembre (série 1) et en décembre (série 2) sont résumés au tableau XXVII.

Les séries A, B et C correspondent respectivement à de l'eau prélevée :

— dans les déversoirs,
— dans le canal en aval du déversoir,
— dans le canal en amont du déversoir.

72. AGREATION ET CONTROLE DES APPAREILS RESPIRATOIRES ET DES MASQUES ANTIPOUSSIERES

(Etude demandée par le Ministère du Travail et subsidiée par des taxes d'agréation)

721. Agréation des masques équipés d'un organe de protection contre les poussières

a. Contrôle de la résistance d'inspiration et d'expiration avec filtre neuf

Le masque, prêt à l'emploi étant fixé sur une tête factice, ne peut opposer à l'inspiration comme à l'expiration une résistance supérieure à 10 mm d'eau pour un débit continu de 50 litres d'air par minute.

Lorsque l'organe filtrant est enlevé, le masque, fixé à la tête factice et soumis au même débit d'air, ne peut opposer à l'inspiration une résistance supérieure à 5 mm d'eau.

b. Contrôle du pouvoir de rétention de l'organe filtrant

Le masque complet, prêt à l'emploi et fixé à la tête factice, est soumis à l'action d'un poumon artificiel sous un débit pulsatoire de 26 respirations de 1,6 litre par minute dans une atmosphère qui se trouve à une température de 20 à 22 °C, présente un degré hygrométrique de 0,4 à 0,6 et contient 150 à 175 milligrammes par mètre cube de particules siliceuses. Soixante pour cent en nombre au moins des poussières siliceuses ont un diamètre inférieur ou égal à 1 micron.

Le taux de rétention de ces particules est déterminé par des mesures effectuées toutes les trois minutes au moyen d'un tyndallomètre. Au bout de trois heures, sa valeur moyenne doit s'élever à 95 au moins.

c. Contrôle de la résistance d'inspiration avec filtre usagé

Lorsque le masque complet a été soumis et exposé dans une atmosphère contenant des particules siliceuses durant nonante minutes, comme cela est décrit au paragraphe précédent, il ne peut opposer à l'inspiration une résistance supérieure à 15 millimètres d'eau pour un débit de 50 litres d'air par minute.

Nous avons soumis aux essais d'agréation décrits ci-dessus deux masques antipoussières de types Disca 1 et Disca 3 présentés par la firme Planet Gloves Benelux.

Le masque Disca 1 se compose d'un demi-masque, d'une soupape d'inspiration, de deux soupapes d'expiration, d'un boîtier en matière plastique contenant un filtre n° 5010 et d'un dispositif de port.

Le type Disca 3 est constitué d'un demi-masque, d'une soupape d'inspiration, de deux soupapes d'expiration, d'un boîtier en matière plastique contenant un filtre n° 5010 et un filtre n° 5030 placé lui-même dans un boîtier en matière plastique. Cet appareil est complété par un dispositif de port.

Les résultats obtenus sont résumés au tableau XXVIII.

Tableau XXVIII

Résistance d'inspiration et pouvoir de retention des masques antipoussières

	Résistance à l'inspiration en mm de colonne d'eau			
	Disca 1		Disca 3	
	1er masque	2me masque	1er masque	2me masque
filtre à l'état neuf	6,8	6,9	14,9	15,7
filtre après 90 minutes d'essai	20,3	22,0	44,0	45,1

	Pouvoir de rétention			
	Disca 1		Disca 3	
	1er masque	2me masque	1er masque	2me masque
après 30 minutes	71,7 %	66,3 %	95,1 %	96,1 %
après 60 minutes	84,3 %	81,1 %	97,0 %	97,5 %
après 90 minutes	89,7 %	87,1 %	98,0 %	98,6 %
valeur moyenne après 90 minutes	81,9 %	78,1 %	96,7 %	97,4 %

Ces deux masques ne satisfont pas aux normes d'agréation imposées :

1) le type Disca 1 à cause d'une résistance à l'inspiration après 90 minutes d'essai trop élevée et d'un pouvoir de rétention insuffisant;
2) le type Disca 3 par suite d'une résistance à l'inspiration du filtre à l'état neuf et après 90 minutes d'essai trop élevée.

722. Agréation des appareils de protection contre l'oxyde de carbone

Avant d'être soumis au contrôle d'efficacité, les masques ou les cartouches subissent dans une machine à secousses 20.000 chutes verticales de 20 mm de hauteur.

Le contrôle d'efficacité est effectué au moyen d'un poumon artificiel réalisant 20 aspirations et 20 refoulements de 1,5 litre par minute.

Trois essais sont réalisés avec de l'air à 0,1 % de CO et les deux autres avec de l'air à 1 % de CO. Au cours de chacun d'eux, l'humidité est maintenue à 15,6 g par m³ d'air.

Pendant les soixante premières minutes de l'essai, cet air, après avoir traversé l'organe filtrant, ne peut contenir plus de 0,01 % en volume d'oxyde de carbone et la température de l'organe filtrant doit rester inférieure à 60°C.

Nous avons soumis aux essais d'agréation la cartouche mixte anti-CO Dräger type 711 St.

Elle se compose d'un boîtier métallique qui contient la masse catalysante dont l'action repose sur l'action catalytique de l'oxyde de carbone. Cette cartouche doit être utilisée, soit avec un couvre-face, soit avec un demi-masque. Son emploi n'est possible que dans des atmosphères contenant au moins 17 % d'oxygène.

Les résultats des essais sont donnés au tableau XXIX.

Tableau XXIX

Contrôle de la teneur en CO en amont et en aval de la cartouche de protection contre l'oxyde de carbone

N° de l'essai	Poids de la cartouche (en g)	Teneur en CO de l'air (en %)	CO passage après 60 minutes (en %)	T° de l'air sortant du filtre
1	443	0,1	0,001	39°
2	441	0,1	0,001	40°
3	524	0,1	0,001	40°
4	442	1,0	la teneur de 0,01 % est atteinte après 10 minutes d'essai	
5	524	1,0	la teneur de 0,01 % est atteinte après 6 minutes d'essai	

La cartouche Dräger type 711 St ne satisfait pas aux normes d'agréation, le pouvoir de neutralisation du filtre étant insuffisant lorsque la teneur en oxyde de carbone de l'air est de 1 %.

723. Agréation d'appareils autonomes à circuit fermé

L'étanchéité de ces appareils contre toute possibilité de rentrée d'air pollué ambiant par leurs ouvertures ou soupapes d'évacuation de l'air expiré est contrôlée dans une chambre close dont l'air contient du bromure de benzyle à raison d'un gramme par mètre cube.

L'opérateur qui porte l'appareil se livre dans la chambre durant dix minutes à des exercices de manière à accroître au maximum la vitesse du courant inspiratoire : dans ces conditions, il ne peut percevoir ni l'odeur ni l'action lacrymogène de ce produit.

La température de l'air inspiré ne peut à aucun moment et quelle que soit l'importance des efforts auxquels se livrent les sujets porteurs de l'appareil, atteindre une température supérieure à 45° à température ambiante (20° - 25 °C). Cette condition doit être vérifiée notamment durant les quinze dernières minutes de fonctionnement de l'appareil précédant l'épuisement de leur bonbonne d'alimentation.

Le comportement à la chaleur de l'appareil est testé en introduisant ce dernier dans une enceinte close dont la température intérieure est de 80 °C; après un séjour d'une demi-heure, l'appareil ne peut présenter aucune altération visible.

La résistance mécanique et la transparence du dispositif de vision sont également contrôlées.

Après essais réglementaires, un appareil autonome à circuit fermé type Travox de la firme Dräger a été proposé à l'agréation.

Nous en donnons ci-dessous une brève description.

Cet appareil est constitué par (fig. 64) :

— une bonbonne de 1 litre de capacité,
— un couvre-face panoramique de type RS comportant un demi-masque intérieur,
— un oculaire de forme conique, un bandage de tête à réglage rapide, un raccord à pas de vis filet DIN 3183c + 3182 et un essuie-glace,
— un châssis de port avec couvercle enlevable et protection anti-chaleur du dos,
— un distributeur d'oxygène (détendeur) pour débit constant de 1,5 litre/minute et dispositif de pré-rinçage, un bouton bypass qui permet d'amener au besoin un complément d'oxygène dans le sac respiratoire, un robinet d'arrêt pour la mesure de la pression au manomètre,
— une pulmo-commande pour alimentation complémentaire en fonction de la capacité respiratoire du porteur,

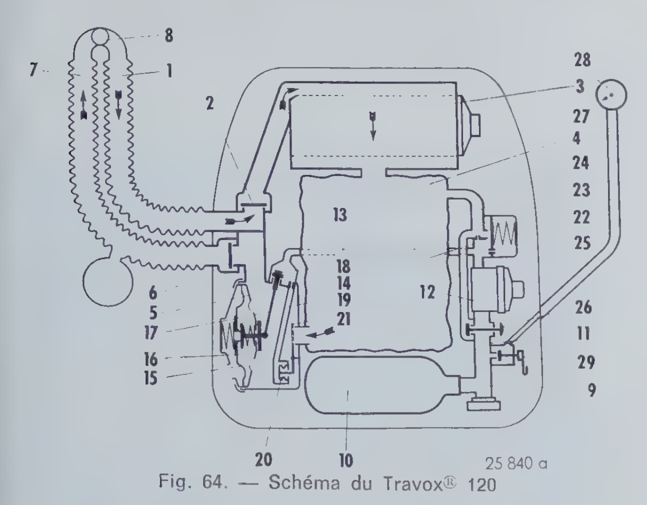


Fig. 64. — Schéma du Travox® 120

1. Tuyau d'expiration
2. Valve d'expiration
3. Cartouche de chaux sodée rechargeable
4. Sac respiratoire
5. Boîte à valves
6. Valve d'aspiration
7. Tuyau d'aspiration
8. Douille pour la pièce de raccordement respiratoire
9. Valve-robinet
10. Bouteille d'oxygène
11. Distributeur d'oxygène
12. Détendeur
13. Conduite d'oxygène
14. Buse de dosage
15. Membrane de commande
16. Boulon de pression avec joint
17. Levier de la pulmo-commande automatique
18. Valve pulmo-commande automatique
19. Conduite de commande
20. Soufflet du signal d'alarme
21. Clapet du signal d'alarme
22. Dispositif de pré-remplissage
23. Valve de pré-remplissage
24. Conduite de pré-remplissage
25. Chambre de commande
26. Valve additionnelle manuelle
27. Conduite haute pression
28. Manomètre
29. Coupe-circuit du manomètre.

— un sac respiratoire raccordé d'un côté à la conduite du distributeur d'oxygène avec bouton bypass et à la cartouche régénératrice qui retient l'anhydride carbonique. Il est raccordé de l'autre côté à la boîte à soupapes qui contient les soupapes d'inspiration et d'expiration, la soupape de surpression et le signal d'alarme.
— un tuyau respiratoire double pour raccordedement de la boîte à soupapes au couvre-face d'un côté et raccordement du couvre-face à la cartouche régénératrice de l'autre côté,
— un manomètre pour vérifier la réserve d'oxygène dans la bonbonne,
— un ensemble de courroies à fermeture rapide pourvu de coussins à l'endroit des épaules.

L'appareil peut être utilisé, soit avec le couvre-face type RS, soit avec un embout buccal. Dans ce dernier cas, les tuyaux respiratoires sont pourvus d'un raccord central qui s'adapte à l'embout.

724. Contrôle

Nous avons procédé au contrôle et à l'estampillage de :
— 4.047 masques antipoussières,
— 24.970 filtres antipoussières,
— 6.522 cartouches mixtes,
— 704 cartouches anti-CO.

Trois cent dix appareils ont subi des essais d'agrément qui comportent les déterminations suivantes :

— Mesure de la résistance d'inspiration et d'expiration avec organe filtrant neuf.
La résistance tant à l'inspiration qu'à l'expiration doit être inférieure ou égale à 10 mm d'eau pour un débit continu de 50 litres d'air par minute, l'appareil respiratoire étant fixé sur une tête factice.
— Mesure de la résistance d'inspiration avec filtre usagé.
Après 90 minutes d'utilisation du masque dans des conditions déterminées, la résistance à l'inspiration ne peut pas dépasser 15 mm d'eau.
— Mesure du pouvoir de rétention de l'organe filtrant.
Le taux de rétention du filtre doit être au moins de 95 % durant les trois premières heures d'essai; l'appareil est placé sur une tête factice et soumis à un débit pulsatoire de 26 respirations de 1,6 litre d'air par minute, la concentration en poussières siliceuses étant de 150 à 175 milligrammes par mètre cube d'air.

Nous avons également réalisé les essais de contrôle pour quatorze cartouches filtrantes anti-CO.

Lorsque le filtre est neuf, le masque fixé sur une tête factice ne peut opposer à l'inspiration une résistance supérieure à 25 mm d'eau pour un débit continu de 50 litres d'air par minute; dans les mêmes conditions, ce masque ne peut avoir une résistance à l'expiration supérieure à 10 mm d'eau.

Le pouvoir de neutralisation du filtre pour l'oxyde de carbone est déterminé en faisant passer par celui-ci, à l'aide d'un poumon artificiel et sous un débit pulsatoire de vingt respirations de 1,5 litre par minute, de l'air contenant 0,1 % et 1 % en volume d'oxyde de carbone. La température de l'air est de 20 °C et le degré hygrométrique de 0,9.

Pendant les soixante premières minutes de l'essai, cet air, après avoir traversé le filtre, ne peut contenir plus de 0,01 en volume d'oxyde de carbone; de plus, la température de l'organe filtrant doit rester inférieure à 60 °C.

725. Contrôle des masques autosauveteurs

En application de l'Arrêté Royal du 2 décembre 1957, relatif au port d'un masque de protection contre les feux et incendies dans les travaux sou-

terrains et des circulaires n° 106ter et n° 106quater du Directeur Général des Mines, chaque type de masque anti-CO doit être agréé; de plus, chaque lot de fabrication doit subir un contrôle de l'efficacité des masques qui tient compte du vieillissement de ceux-ci au cours du temps.

Sur les échantillons prélevés dans le lot, nous examinons la résistance à l'inspiration et le degré d'efficacité vis-à-vis du CO.

Nous avons fait les essais sur 128 masques : 74 Dräger et 54 Auer.

Le degré d'efficacité du masque vis-à-vis du CO est déterminé en faisant passer durant 60 minutes, à travers le filtre, un courant d'air d'un débit constant de 40 litres par minute titrant 0,3 de CO et contenant une humidité de 13 grammes par mètre cube.

Le tableau XXX donne la répartition de ces masques en fonction de leur degré d'efficacité.

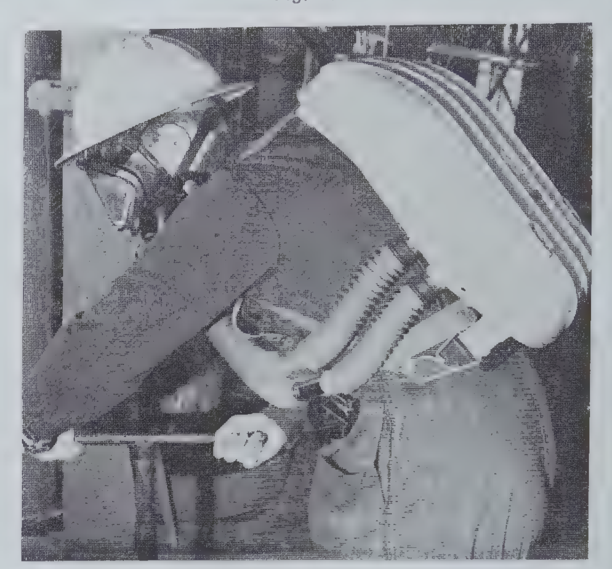
Tableau XXX

Cote d'efficacité des masques autosauveteurs

	Nombre d'appareils ayant la cote							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Dräger	48	7	3	4	1	1	10	74
Auer	43	7	1	1	—	1	1	54

Le classement des cotes est en raison inverse du degré d'efficacité.

Fig. 65



La résistance à l'inspiration est mesurée, après l'essai de contrôle du degré d'efficacité, au cours du passage à travers le filtre d'un courant d'air d'un débit constant de 94 litres par minute.

Les valeurs observées pour les masques examinés sont mentionnées au tableau XXXI.

Tableau XXXI

Résistance à l'inspiration des masques autosauveteurs

	Nombre de masques dont la résistance en mm CE est							Total
	⩽ 80	de 81 à 90	de 91 à 100	de 101 à 115	de 116 à 130	de 131 à 150	> 150	
Dräger	—	10	27	19	11	—	7	74
Auer	—	17	21	14	2	—	—	54

Publications et documentation

1. PUBLICATIONS

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

En 1972, 1336 pages de texte ont été publiées.

Comme chaque année, on retrouve dans les Annales les rubriques ci-après venant de l'Administration des Mines :

— Renseignements statistiques belges et des pays limitrophes, relatifs à la houille, au coke, au brai, aux métaux non ferreux, à la sidérurgie, aux carrières et industries connexes.
— Statistique des accidents survenus dans les mines de houille et autres établissements surveillés par l'Administration des Mines.
— Statistique sommaire de l'exploitation charbonnière, des cokeries, des fabriques d'agglomérés et aperçu du marché des combustibles solides.
— Aspects techniques de l'exploitation charbonnière belge.
— L'activité des services d'inspection de l'Administration des Mines.

La revue publie les rapports d'activité de divers organismes charbonniers et de nombreux mémoires.

Les textes ci-après, relatifs aux activités de l'INIEX, ont paru dans les Annales :

— Valorisation des brais par préparation de leurs émulsions aqueuses, par M. Neuray et J. Stevens.
— Echanges d'énergie entre modes de propagation sur ligne bifilaire, par L. Deryck.
— La radio dans la mine.
— Matériel Minier (notes rassemblées par INIEX) : Le canon bosseyeur « Gullick Dobson » - Pile passante à 4 étançons du type « bouclier » de la firme Gullick - Pile marchante BS 1 de la firme Westfalia.
— Rapport annuel de l'Institut National des Industries Extractives 1971.
— Télétransmissions au fond, par R. Liégeois.
— Système INIEX/Delogne de télécommunication et télécommande par radio, par P. Delogne.

BULLETINS TECHNIQUES

Ont été publiés en français et en néerlandais : « Mines et Carrières » :

— n° 135 : La radio sous le sol. Mesures et réalisations pratiques avec le système INIEX/Delogne, par R. De Keyser.
— n° 136 : Creusement de bouveaux circulaires avec revêtement en panneaux de béton armé au Siège Zolder. Avancement de 4 m/jour, par P. Philippron et H. van Duyse.

« Valorisation et Utilisation des Combustibles » :

— n° 41 : Valorisation des brais par préparation de leurs émulsions aqueuses, par M. Neuray et J. Stevens.

« Polymères » :

— n° 2 : Préparation et applications des charges inorganiques, par C. Michaux.

INFORMATIONS TECHNIQUES

Les Informations ci-après ont été publiées :

— Radio dans la mine (en français, néerlandais, anglais et allemand).

— Télécommande d'un monorail au Siège Beringen de la N.V. Kempense Steenkolenmijnen, par R. Liégeois.

— Creusement mécanisé de traçages au moyen de mineurs continus aux Houillères de Provence, par H. van Duyse.

— Etat d'avancement du creusement mécanique du burquin 480 au Siège Walsum à l'aide de la machine Wirth type GBS 450/500, traduction par P. Stassen.

— Essais sur panneaux en béton pour le revêtement de bouveaux circulaires du Bassin de Campine, par H. van Duyse.

— Visite au tunnel en creusement à Echaillon, par P. Stassen.

— Essais de traction et de cisaillement de boulons en résine et de boulons en bois, par H. van Duyse.

— Tunnelier Wirth pour le creusement d'une galerie au rocher en deux stades, par P. Stassen.

— Creusement mécanisé du tunnel du Sörenberg, par P. Stassen.

— Creusement mécanisé du tunnel autoroutier du Sonnenberg, par P. Stassen.

— Creusement du puits incliné de la centrale de pompage de Wehr, par P. Stassen.

— Taille R.O.L.F. entièrement hydraulique au siège Westhoe, traduction adaptée par J. Boxho.

— Tunnel routier du Saint-Gothard, par P. Stassen.

— Poutre d'ancrage sur guidage tubulaire, par J. Boxho.

— Machines de creusement mécanisé « Atlas Copco Full-Facer ». Epuration des eaux usées, par H. van Duyse.

MEMOIRES ET PUBLICATIONS SPECIALES

Les exposés ci-après ont été présentés par les chercheurs de l'INIEX :

— Zonation palynologique du Bassin Houiller de Campine, par Y. Somers. 15e Table Ronde C.C.E. Paris, 9 mai 1972.

— Journées sur l'Automatisation dans les Mines, organisées par la C.C.E. à Luxembourg, 29, 30 et 31 mai 1972 :

  — Télétransmissions au fond, par R. Liégeois.

  — Système INIEX/Delogne de télécommunications et télécommande par radio, par P. Delogne.

— 5ème Conférence Internationale sur les Pressions de Terrain. Août 1972 :

  — Influences nuisibles des tailles sur les voies d'ossature et moyens de les atténuer, par P. Stassen et H. van Duyse.

  — Commande en séquence d'un soutènement mécanisé non lié au convoyeur, par J. Boxho.

  — Rapport National, par J. Boxho.

— Teletransmissions underground, par R. Liégeois. 1st W.V.U. Conference on Coal Mine Electrotechnology, Morgantown, W.Va., U.S.A., août 1972.

Les documents ci-après ont été publiés :

— Projet de recherche « Tir à froid » en Belgique - Rapport final, par J. Boxho.

— Projet de recherche « Télécommande du soutènement mécanisé en taille » - Rapport final par J. Boxho.

TRADUCTIONS

Les chercheurs de l'INIEX exécutent un certain nombre de traductions pour leur usage propre et d'autres traductions sont effectuées pour le compte de tiers.

FICHES DE DOCUMENTATION

A la fin de 1972, le fichier de l'INIEX comptait plus de 60.000 fiches groupées par sujets et classées suivant le tableau des index. En 1972, 34 envois, soit 2040 fiches « sujets », ont été expédiés. Au travail d'élaboration, d'impression et d'expédition de ces fiches s'ajoute celui de la tenue à jour des fichiers de l'INIEX.

2. JOURNEES D'INFORMATION

Au cours de l'année, INIEX a organisé deux journées d'information.

MATIERES PLASTIQUES ET POLYMERES

Le 17 novembre 1972, l'INIEX et le CRIF (Centre de Recherches Scientifiques et Techniques de l'Industrie des Fabrications Métalliques) ont organisé une réunion d'information afin d'exposer aux représentants de l'industrie les résultats de leurs travaux dans différents secteurs. Quelque 120 spécialistes de l'industrie, de l'enseignement universitaire et de l'administration ont participé à cette journée. Les exposés ci-après ont été présentés et ont été suivis d'une visite des laboratoires :

— Accueil des participants par P. Ledent, Directeur de l'INIEX.
— Introduction par R. Stinglhamber, Directeur du CRIF.
— Etude théorique et expérimentale des constantes techniques des stratifiés, par F. Vidouse.
— Aperçu des méthodes d'analyse des tuyaux enterrés en tranchée, par B. Lacrosse.
— Résultats des essais effectués sur le plastificateur à vis, par G. Patfoort.
— Perspectives de développement dans le domaine des bétons résineux, par C. Michaux.
— La recherche documentaire appliquée aux matières plastiques, par D. Podgorski.
— Etude de la réaction au feu des matières plastiques, par W. Fassotte.
— Programme de recherche 1973-1974 de la Section Matières Plastiques du CRIF, par G. Viatour.
— Programmes de la Section Polymères d'INIEX, par J. Bricteux.

CARRIERES

Dans le cadre de ses nouvelles missions de développement industriel dans le domaine de l'exploitation des carrières, l'INIEX a organisé une Journée d'Information à Liège, le 12 décembre 1972. Le succès de cette Journée à laquelle participaient quelque 120 spécialistes souligne tout l'intérêt de cette reconversion des activités de recherche vers une industrie qui fournit actuellement du travail à plus de neuf mille ouvriers.

Les exposés ci-après ont été présentés :

— Le classement des roches d'après leur destructibilité, par J. Brych.
— Evolution des tirs en masse depuis 10 ans aux carrières de Quenast, par R. Brigode.
— Mesures des vibrations de tirs, par R. Vandeloise.
— Une cause peu prévisible de ratés du détonateur, par P. Goffart.
— Etat actuel des techniques de boulonnage et de consolidation des roches, par H. van Duyse.
— Problèmes posés par l'exploitation des carrières mécanisées en roches dures, par F. Van Elsen.
— La mesure du degré de frittage des chaux en roche, par Ph. Dumont.
— Quelques aspects de l'utilisation des polymères dans l'industrie du marbre et du petit granit, par J. Bricteux.
— Valorisation de produits pierreux sous forme de charges pour matières plastiques, par C. Michaux.

3. BIBLIOTHEQUE

La bibliothèque reçoit périodiquement 280 revues en provenance du monde entier.

En 1972, elle s'est enrichie de plus de 200 volumes.

INIEX a expédié 2830 pages de photocopies de revues techniques à des personnes qui en avaient fait la demande.

4. DIVERS

Des ingénieurs bulgares, iraniens et polonais, stagiaires de l'Office Belge de la Coopération au Développement, ont effectué un stage de plusieurs mois à la division de Liège, pour étudier les problèmes d'exploitation.

Table des matières

DIVISION DE PATURAGES

DOCUMENTATION ET PUBLICATIONS

Influences nuisibles des tailles sur les voies d'ossature et moyen de les atténuer *

Middelen ter beperking van de schadelijke invloed van pijlers op skeletgalerijen *

Pierre STASSEN

Henri van DUYSE **

Depuis une quinzaine d'années déjà nous avons attiré l'attention dans diverses publications sur l'importance que peut présenter le planning d'exploitation sur la tenue des voies principales d'une mine. Cependant, les schémas qui, dans les articles précédents, illustrent les principes énoncés, ne semblent pas frapper suffisamment l'attention des lecteurs et des ingénieurs chargés d'établir les projets d'exploitation. En effet, beaucoup d'idées fondamentales sont développées en quelques lignes seulement, alors que chacune d'elles gagnerait à être traitée dans un rapport détaillé.

Afin de mieux mettre en évidence certains de ces principes, il nous a paru opportun de décrire quelques cas d'application pratique. Ceux-ci sont donc destinés à mieux illustrer ces idées et à faire ressortir l'importance de l'observance des principes.

Les exemples choisis montrent, d'une part, l'action destructrice qu'une taille en mouvement peut avoir sur des bouveaux situés dans le massif influencé et, d'autre part, l'action nuisible de stots de charbon abandonnés dans une couche sur les galeries situées dans ou à l'aplomb de ce stot.

* Exposé présenté à la 5e Conférence Internationale sur les Pressions de Terrain, Londres, août 1972.

** Respectivement Directeur et Chef de Section de Recherches, Institut National des Industries Extractives, rue du Chéra - B-4000 Liège.

Op het mogelijke belang van de ontginningsplanning voor het behoud van de hoofdgalerijen in een mijn hebben wij reeds sedert een vijftiental jaar de aandacht gevestigd in diverse publikaties. De schema's ter illustratie van de in deze artikelen uiteengezette beginselen schijnen echter de aandacht van de lezers en van de ingenieurs die met het opstellen van de ontginningsplannen zijn belast, onvoldoende te treffen. Heelwat fundamentele ideeën worden inderdaad in slechts enkele regels afgewerkt waar iedere gedachte op zichzelf het onderwerp van een uitgebreid verslag zou dienen uit te maken.

Om sommige van deze beginselen wat duidelijkker te maken, leek het ons opportuun enkele gevallen uit de praktijk te beschrijven. Deze voorbeelden dienen dus om deze ideeën beter te illustreren en om te doen uitkomen hoe belangrijk het is op deze beginselen te letten.

Enerzijds tonen de gekozen voorbeelden aan hoe destruktief een pijler in beweging kan inwerken op steengangen in het beïnvloede massief en anderzijds hoe schadelijk de invloed van reststroken in een laag kan zijn op galerijen die in deze reststrook of op dezelfde vertikale liggen.

* Uiteenzetting die werd gehouden op de 5de Internationale Konferentie over de Gesteentedruk, Londen, augustus 1972.

** Respektievelijk Direkteur en Hoofd van de afdeling opzoekingen, Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven, rue du Chéra - B-4000 Luik.

Un troisième exemple montre comment un planning judicieux permet d'éviter les dégradations graves observées dans les deux cas précédents et assure une exploitation intégrale du gisement. Pour terminer, nous donnons un exemple d'application de ces principes dans le type d'exploitation couche par couche. Le schéma de découpage présenté permet d'éviter bien des inconvénients que nous avons eu l'occasion d'observer fréquemment quand les veines sont encadrées de roches tendres et fluantes.

1er exemple
Influence nuisible d'une taille en phase dynamique sur des bouveaux de recoupe

Les figures 1, 2 et 3 montrent une vue en plan et en coupes transversale et longitudinale des lieux, ainsi que la position du chantier en veine

Hoe met een oordeelkundige planning erge beschadigingen zoals die in de twee vorige gevallen worden waargenomen, kunnen worden vermeden en een integrale ontginning van de afzetting kan worden gewaarborgd, wordt in een derde voorbeeld aangetoond. Tot slot geven wij een voorbeeld van de toepassing van deze beginselen bij het ontginningstype «laag per laag». Aan de hand van het voorgestelde versnijdingsschema kunnen de narigheden wel vermeden worden die wij zo vaak hebben kunnen waarnemen als de lagen met week en vloeiend gesteente waren omgeven.

Voorbeeld 1
Schadelijke invloed van een pijler in de dynamische faze op dwarssteengangen

Op de figuren 1, 2 en 3 staan een bovenaanzicht, een dwars- en een langsprofiel van de plaatsen en wordt ook de positie van de werk-

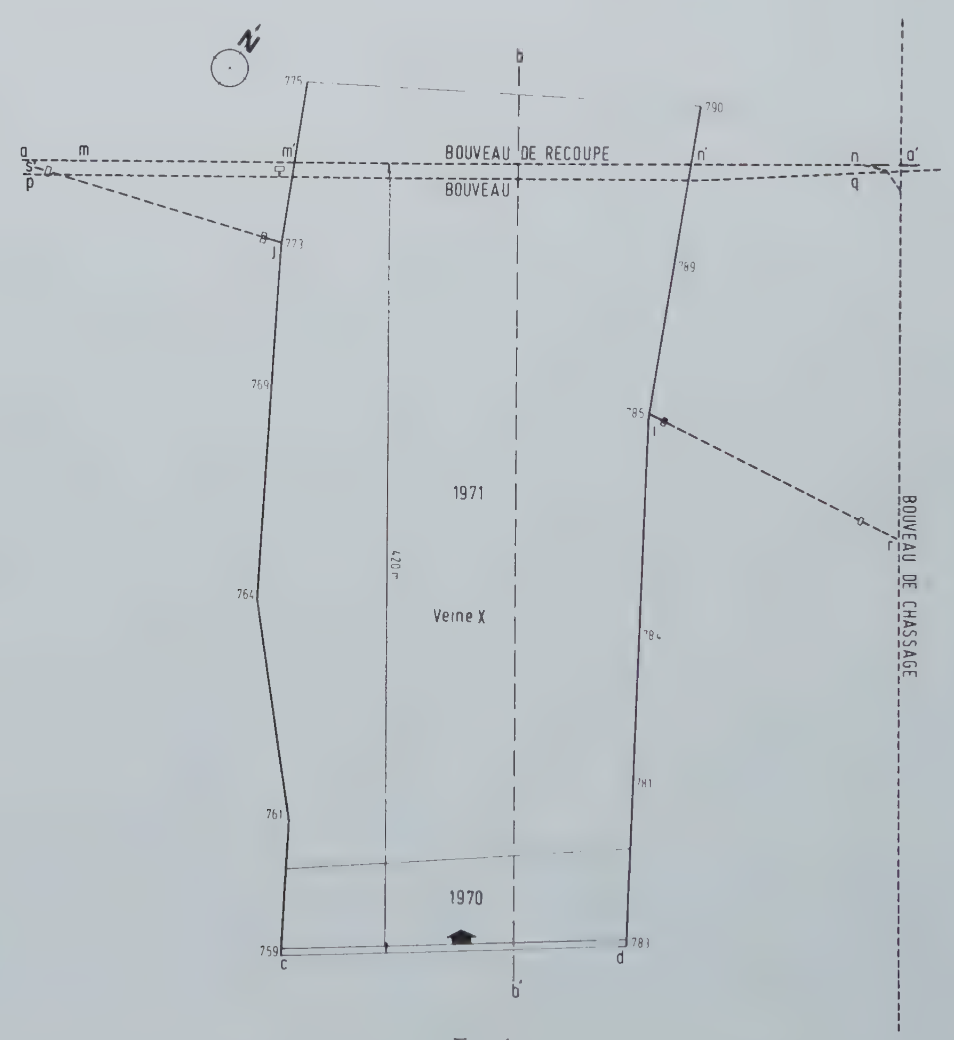


Fig. 1.
Vue en plan des travaux en veine X et des voies d'accès au chantier.
Bovenaanzicht van de werken in laag X en van de toegangsgalerijen van de werkplaats.
Bouveau de recoupe : dwarssteengang.
Bouveau : steengang.
Bouveau de chassage : richtsteengang.
Veine X : laag X.

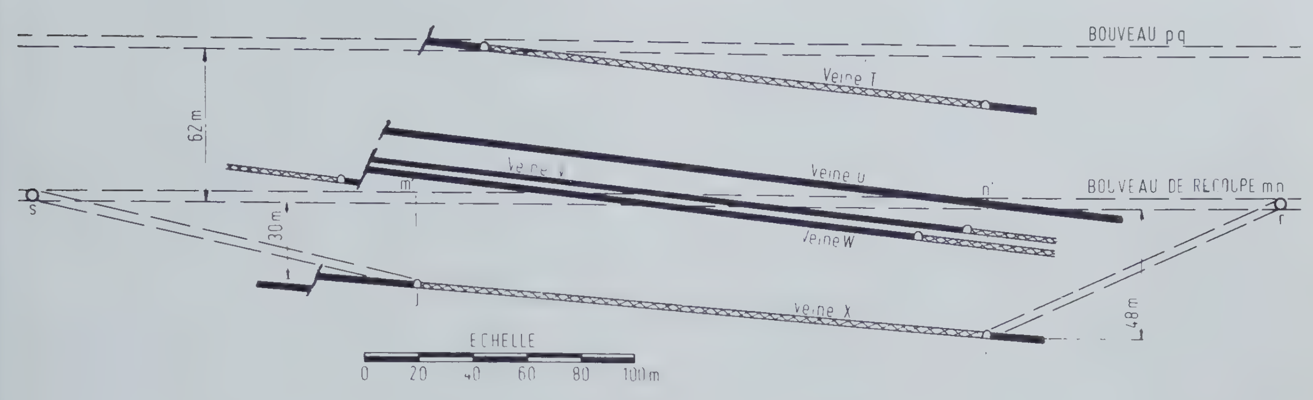


Fig. 2.

Coupe transversale aa' suivant l'axe du travers-bancs mn.
Dwarsprofiel aa' volgens de as van dwarssteengang mn.
Coupe transversale : dwarsprofiel.
Bouveau : steengang.
Bouveau de recoupe : dwarssteengang.
Veine : laag.

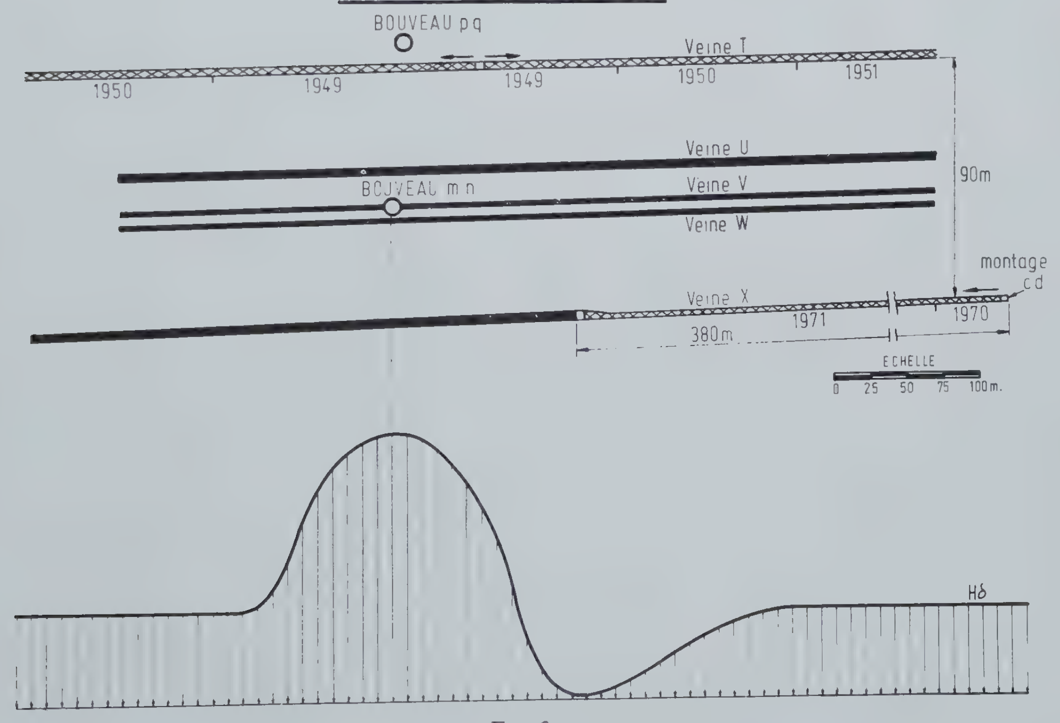


Fig. 3.

Coupe longitudinale bb' (sud-nord) suivant l'axe du panneau exploité (La coupe est faite alors que le front de taille est encore situé à 40 m au sud du bouveau).
Langsprofiel bb' (zuid-noord) volgens de as van het ontgonnen veld (Het profiel werd gemaakt toen het pijlerfront zich nog op 40 m ten zuiden van de steengang bevond).
Coupe longitudinale : langsprofiel.
Bouveau : steengang.
Veine : laag.
Montage : doortocht.

X par rapport au bouveau de chassage et aux deux bouveaux de recoupe (travers-bancs) des étages d'entrée mn et de retour d'air pq.

plaats in laag X t.o.v. de richtsteengang en t.o.v. de twee dwarssteengangen van de luchtintrekkende verdieping mn en de luchtuittrekkende verdieping pq aangegeven.

La veine X est située sous le niveau d'entrée d'air, la voie de tête à 30 m et la voie de base à 48 m. Elle a 1,20 m d'ouverture et est exploitée par foudroyage. Vingt ans auparavant, une veine T de 2,10 m d'ouverture a été exploitée dans ce panneau. En stampe normale, la veine T est située à 90 m au-dessus de la veine X. Dans le même panneau, les veines U (1,20 m), V (0,75 m), W partiellement en étreinte n'ont pas été exploitées. Elles sont situées partiellement au-dessus et en dessous du travers-bancs mn.

La taille démarre en cd à 420 m au sud des bouveaux et progresse vers le nord. La taille est donc en régime depuis plusieurs mois lorsque le front approche des bouveaux de recoupe. Tout le massif de roche en avant de la taille est soumis à une onde de hautes contraintes qui progresse avec elle (voir coupe longitudinale, fig. 3).

Alors que la taille était encore à 60 m des axes des bouveaux, le revêtement de ceux-ci commençait à donner des signes de surcharge. On remarquait l'écrasement des planchettes et l'écaillage de certains claveaux. Quand le front fut à 10 m, le bouveau d'entrée d'air mn s'est écrasé complètement sur le tronçon m'n' et localement il s'est refermé par éboulement.

Le bouveau de retour d'air situé entre 90 et 120 m au-dessus de la couche a été aussi fortement sollicité sans toutefois arriver à un écrasement massif.

Les terrains recoupés par les bouveaux sont constitués de bancs de schiste séparés par des veines, des veinettes et des passées charbonneuses. Sous l'influence de l'onde de hautes contraintes, les roches ont flué vers le vide et soumis le soutènement des bouveaux, stable depuis 20 ans, à de tels efforts de compression que les claveaux ont été écrasés et cisaillés. La voûte s'est affaissée, le radier s'est soulevé et les parois se sont rapprochées suite au cisaillement des claveaux du radier.

Cet exemple montre une fois de plus que, lorsque les roches sont tendres et fluantes, l'onde de contraintes qui précède une taille active peut agir sur un très grand volume de roche et faire sentir ses effets loin au-dessus et en avant du front.

Ainsi que nous le disions déjà dans des publications antérieures, une taille active peut donc agir comme un véritable rouleau compresseur. Sous son action, les roches fluent vers les vides et créent, sur le revêtement des galeries situées à l'intérieur du volume influencé, des surcharges telles que même les revêtements les plus solides sont détruits.

Laag X ligt onder de luchtaanvoerverdieping, de kopgalerij op 30 m en de voetgalerij op 48 m. Ze heeft een opening van 1,20 m en er wordt breukwinning toegepast. Twintig jaar eerder werd in dit veld laag T met een opening van 2,10 m ontgonnen. Laag T ligt 90 m boven laag X in een normaal massief. In hetzelfde veld werden de lagen U (1,20 m), V (0,75 m) en W (gedeeltelijk ingesnoerd) niet ontgonnen. Ze liggen gedeeltelijk boven en gedeeltelijk onder dwarssteengang mn.

In cd, 420 m ten zuiden van de steengangen, wordt de pijler aangezet en gaat in noordelijke richting vooruit. De pijler is dus verscheidene maanden in bedrijf als het front de dwarssteengangen nadert. Geheel het gesteentemassief voor de pijler is onderhevig aan een hogedrukgolf die met de pijler mee vooruitgaat (zie langsprofiel, fig. 3).

Wanneer de pijler nog 60 m van de assen van de steengangen verwijderd was, begon de bekleding hiervan tekenen van overbelasting te vertonen. Opgemerkt werd dat plankjes werden verbrijzeld en sommige betonblokken afschilferden. Als het front op 10 m kwam, stuikte de luchttoevoersteengang over het stuk m'n' volledig in elkaar en plaatselijk ging hij door instorting dicht.

Ook de luchtafvoersteengang tussen 90 en 120 m boven de laag werd fel belast zonder dat het evenwel tot een massieve verplettering kwam.

Schieferbanken die van elkaar gescheiden zijn door lagen, riffels en beddingen steenkool, vormen het door de steengangen aangesneden gesteente. Onder invloed van de hogespanningsgolf vloeide het gesteente naar de ledige ruimte en onderwierp de sedert 20 jaar stabiele ondersteuning van de steengangen aan dergelijke samendrukkingskrachten dat de steenblokken werden verbrijzeld en zijn afgeschoven. Het gewelf zakte, de bedding kwam omhoog en de wanden schoven naar elkaar toe als gevolg van de afschuiving van de betonblokken in de bedding.

Eens te meer toont dit voorbeeld dat de aan een aktieve pijler voorafgaande drukgolf bij week en vloeiend gesteente op een zeer groot volume gesteente kan inwerken en dat zijn uitwerking ver boven en voor het front merkbaar is.

Een aktieve pijler kan dus, zoals wij reeds in vroegere publikaties zegden, de uitwerking hebben van een echte wals. Het gesteente vloeit onder zijn werking naar de ledige ruimten en op de bekleding van de galerijen in het beïnvloede volume schept het een zodanige overbelasting dat zelfs de stevigste bekledingen worden vernield.

2ème exemple

Influence nuisible d'un stot de charbon sur les galeries situées dans et au-dessus de ce stot

Ce deuxième exemple met bien en évidence les difficultés que la présence d'un stot en couche, laissé en vue de protéger les bouveaux supérieurs, peut causer dans la tenue des galeries (bouveaux et voies en couche) creusées dans et au-dessus de ce stot.

Les figures 4, 5 et 6 montrent la vue en plan et en coupes transversale et longitudinale des chantiers. Les bouveaux d'étage MN et PQ existaient depuis de nombreuses années et leur revêtement, constitué de solides claveaux, n'avait subi aucune dégradation pendant cette période.

Voorbeeld 2

Schadelijke invloed van een reststrook op galerijen in en boven deze reststrook

Het tweede voorbeeld plaatst duidelijk de moeilijkheden op de voorgrond die door het voorkomen van een reststrook in een laag, achtergelaten met het oog op de bescherming van de hogergelegen steengangen, kunnen veroorzaakt worden bij het behoud van de galerijen (steengangen en galerijen in de laag) die in en boven deze reststrook werden aangelegd.

Op de figuren 4, 5 en 6 staan een bovenaanzicht, een dwars- en een langsprofiel van de werkplaatsen. De verdiepingssteengangen MN en PQ bestonden al vele jaren en hun bekleding uit stevige betonblokken was tijdens deze periode helemaal niet beschadigd.

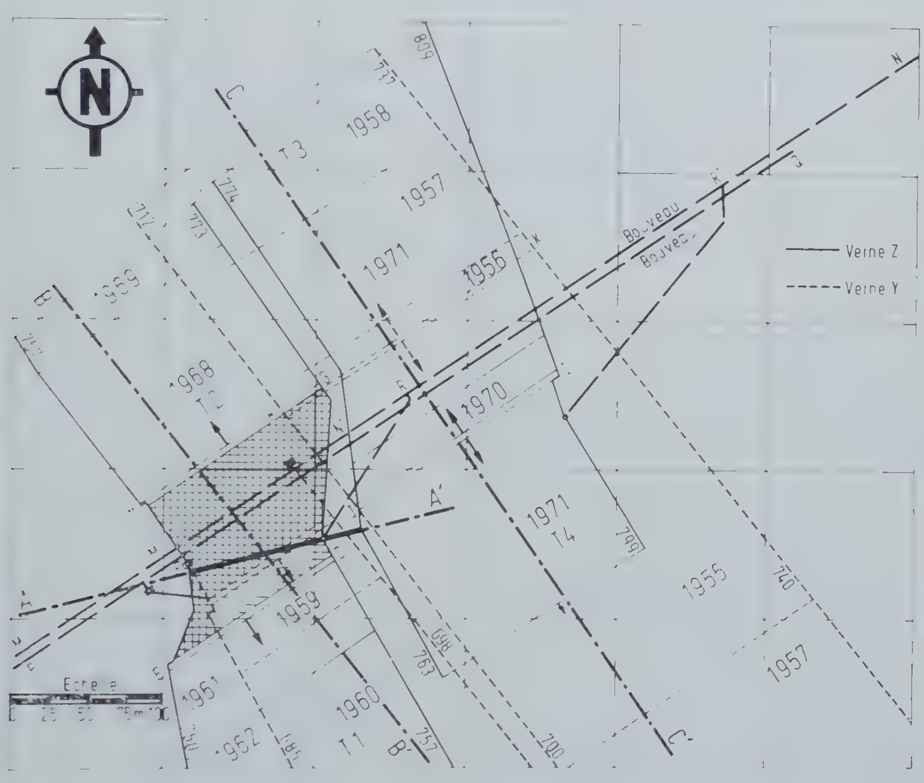


Fig. 4.

Vue en plan des travaux dans les veines Y et Z. Les travaux figurés en traits interrompus se trouvent en veine Y. Les travaux figurés en traits pleins se trouvent en veine Z. Le stot en veine Z est hachuré et la partie quadrillée de ce stot correspond à la zone qui subit en plus la culée arrière de la taille sud en veine Y.

Bovenaanzicht van de werken in de lagen Y en Z. De in onderbroken lijn aangegeven werken bevinden zich in laag Y. De in figuurlijn aangeduide werken werden uitgevoerd in laag Z. De reststrook in laag Z is gearceerd en het geruite gedeelte van deze reststrook komt overeen met de zone die bovendien de naijlende oplegdruk van pijler zuid in laag Y ondergaat.

Bouveau : steengang. Veine : laag.

Il fut alors décidé d'exploiter la couche Z sous le niveau d'entrée d'air et à cette intention on a creusé le bouveau plantant d'accès RD, puis le montage DE, le retour d'air EF et le burquin FF' vers l'étage de retour d'air.

Dan werd besloten laag Z onder de luchtaanvoerverdieping te ontginnen en met die bedoeling werden de dalende toegangssteengang RD, daarna doortocht DE, luchtkeergalerij EF en opbraak FF' naar de luchtuittrekverdieping gedolven.

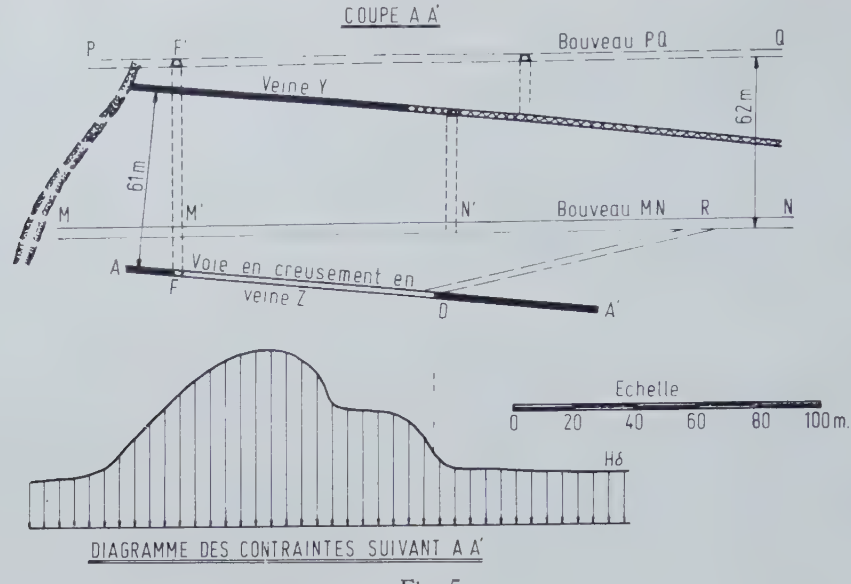
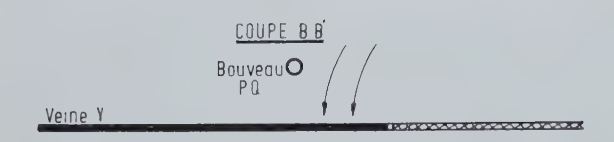


Fig. 5.

Coupe transversale AA' suivant le plan de la galerie DF creusée dans le stot de la veine Z.
Dwarsprofiel AA' volgens het plan van galerij DF die in de reststrook van laag Z werd gedolven.
Coupe : profiel.
Bouveau : steengang.
Veine : laag.
Voie ... : galerij in delving in laag Z.
Diagramme ... : spanningsdiagram volgens AA'.



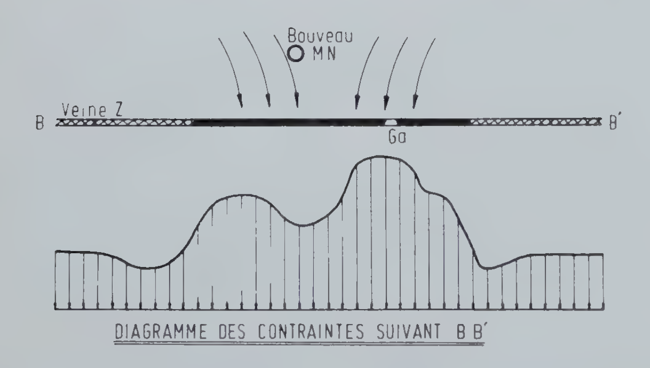


Fig. 6.

Coupe longitudinale BB' (sud-nord) suivant l'axe du panneau en veine Z exploité par les tailles 1 et 2.
Langsprofiel BB' (zuid-noord) volgens de as van het paneel in laag Z die door de pijlers 1 en 2 wordt gewonnen.
Coupe : profiel.
Bouveau : steengang.
Veine : laag.
Diagramme ... : spanningsdiagram volgens BB'.

La couche Z a une ouverture de 2,40 m à 2,80 m et le contrôle de l'arrière-taille a été réalisé par remblayage pneumatique. La voie de tête du chantier était située à 14 m et la voie de base à 30 m sous le niveau d'entrée d'air.

Pour compléter l'historique de ce panneau, il y a lieu de signaler qu'une taille en veine Y avait été prise plusieurs années auparavant vers le sud seulement. Le montage de départ de cette taille avait été placé à 40 m au sud des bouveaux, c'est-à-dire qu'une partie du stot en veine Z était aussi à l'aplomb de la culée arrière d'une taille

Laag Z heeft een opening van 2,40 m bij 2,80 m en het oud pand wordt met blaasvulling gekontroleerd. Op 14 m onder de luchtaanvoerverdieping lag de kopgalerij van de werkplaats en op 30 m de voetgalerij.

Om het historisch overzicht van dit veld af te ronden, dient erop gewezen dat verscheidene jaren eerder in laag Y een pijler was vertrokken maar dan enkel in zuidelijke richting. De vertrekdoortocht van deze pijler was op 40 m ten zuiden van de steengangen geplaatst d.w.z. dat een gedeelte van de reststrook in laag Z zich even-

prise dans une couche supérieure et située 61 m au-dessus (voir coupe BB' et zone quadrillée sur la vue en plan, fig. 4).

La taille 1 a démarré normalement vers le sud à 60 m du bouveau et a progressé sur une longueur de plus de 400 m sans donner lieu à aucune réaction sur le bouveau.

Après achèvement de l'exploitation de ce panneau, on a préparé celle du panneau nord en creusant la voie de base DG, le montage GH à 32 m au nord du bouveau et la voie de tête HF.

La taille 2 a donc démarré vers le nord, laissant ainsi un pilier de charbon inexploité DEHG en veine Z d'environ 100 m de largeur entre les deux tailles. Elle fut aussi remblayée pneumatiquement.

Lorsque la taille 2 eut progressé d'environ 100 m vers le nord, on éprouva de grandes difficultés dans le tronçon de bouveau M'N' situé au-dessus du stot de charbon en couche Z et en bordure arrière de la taille prise dans la veine supérieure. Le diagramme des contraintes schématisé sous la coupe BB' met bien ce phénomène en évidence.

Le revêtement a été soumis à de très fortes contraintes verticales et latérales et les claveaux de béton ont été complètement écrasés et détruits par les énormes pressions supplémentaires induites dans le massif et dues au schéma d'exploitation adopté. Ici encore on a observé l'écrasement des intercalaires compressibles, l'éclatement des blocs en parois, le cisaillement et le chevauchement des claveaux dans le radier. Le trafic dans le bouveau a dû être interrompu pour procéder à des travaux d'entretien très importants.

Simultanément à ces événements et pendant l'exploitation de la taille 2, on a voulu préparer le retour d'air des futures tailles 3 et 4 destinées à prendre les panneaux sud et nord aval dans la même veine. On a démarré le creusement de la voie DF dans le stot en couche Z.

Très rapidement, des difficultés sont apparues dans cette galerie. Différents types de soutènement ont été essayés, mais tous ont été détruits par des poussées latérales intenses dues au fluage du charbon et du mur (fig. 7).

Pour limiter les effets de ces poussées intenses, on a pris un front de 6,20 m de largeur et le soutènement de la voie a été réalisé comme il est indiqué aux figures 8 et 9.

De part et d'autre de la voie, on a placé de solides piles de bois de 1,10 m de largeur, le toit a été consolidé par des boulons d'ancrage avec grillage et rails de 40 kg/m reposant sur

eens vertikaal op de naijlende oplegdrukzone bevond van een pijler die in een hogergelegen laag was aangezet en 61 m erboven was gelegen (zie doorsnede BB' en geruite zone op het bovenaanzicht, fig. 4).

Pijler 1 vertrok normaal naar het zuiden op 60 m van de steengang en vorderde over een lengte van meer dan 400 m zonder tot één enkele reaktie op de steengang aanleiding te geven.

Nadat dit veld volledig was ontgonnen, werd de ontginning van het noordelijk veld voorbereid met de delving van voetgalerij DG, doortocht GH op 32 m ten noorden van de steengang en kopgalerij HF.

Pijler 2 is dus naar het noorden vertrokken waarbij op die manier in laag Z een onontgonnen steenkoolpijler DEHG van ongeveer 100 m breed tussen de twee pijlers werd achtergelaten. Ook deze pijler werd pneumatisch opgevuld.

Als pijler 2 ongeveer 100 m naar het noorden gevorderd was, werden grote moeilijkheden ondervonden in het stuk steengang M'N' boven de reststrook steenkool in laag Z en in de achterrand van de pijler in de hogergelegen laag. Dit verschijnsel wordt duidelijk in het licht gesteld op het schematische spanningsdiagram onder profiel BB'.

De bekleding werd aan zeer felle vertikale en zijdelingse spanningen onderworpen en de betonblokken werden volledig verbrijzeld en vernietigd door de enorme bijkomende druk in het massief die aan het aangenomen ontginningsschema was te wijten. Ook werd hier nog waargenomen dat de samendrukbare tussenvoegsels werden verbrijzeld, dat de blokken in de wanden afschilferden en dat de betonblokken in de bedding afschoven en over elkaar schoven. In de steengang moest het verkeer worden onderbroken voor zeer belangrijke onderhoudswerkzaamheden.

Gelijktijdig met deze gebeurtenissen en gedurende de ontginning van pijler 2 wilde men de luchtafvoer van de geplande pijlers 3 en 4 voorbereiden, pijlers die bestemd waren om het noordelijke en zuidelijke veld in dezelfde laag in afwaartse richting te ontginnen.

Al zeer snel bleken er moeilijkheden te zijn in deze galerij. Verschillende ondersteuningstypes werden beproefd maar ze zijn alle door de aan de vloeiing van de steenkool en van de vloer te wijten hevige laterale druk vernietigd (fig. 7).

Ter beperking van de weerslag van deze intense druk werd een 6,20 m breed front genomen en werd de galerij ondersteund zoals op de figuren 8 en 9 wordt aangegeven.

Aan weerszijden van de galerij werden stevige houten bokken met een breedte van 1,10 m geplaatst; het dak werd m.b.v. ankerbouten verstevigd met roosters en rails van 40 kg/m die op

les piles de bois. De part et d'autre, on a laissé derrière les piles un vide de 0,50 m de largeur. La voie avait alors 3 m de largeur utile et 2,80 m de hauteur.

de houten bokken rusten. Aan weerszijden werd achter de bokken een ledige ruimte van 0,50 m breed gelaten. Zo had de galerij dan een nuttige breedte van 3 m en was ze 2,80 m hoog.



Fig. 7.
Photographie montrant les déformations observées dans un tronçon de la galerie DF en veine Z revêtu de cadres trapézoïdaux, suite aux poussées latérales intenses venant de droite.
Photo ter illustratie van de vervorming in een stuk van galerij DF in laag Z, bekleed met trapeziumvormige ramen, als gevolg van de intense, van rechts komende zijdelingse druk.

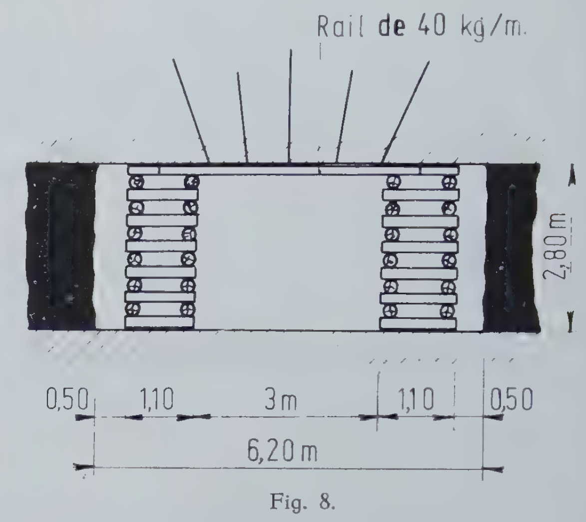


Fig. 8.
Schéma du revêtement d'un autre tronçon de la même galerie. Rails posés sur de solides piles de bois et renforcement du toit par boulonnage.
Bekledingsschema van een ander stuk van dezelfde galerij. Op stevige houten bokken geplaatste rails en versterking van het dak door verankering.
Rail de 40 kg/m : rail van 40 kg/m.

Malgré ces précautions et par suite du fluage du charbon, le vide laissé entre les piles et le massif a été très rapidement rempli, puis le charbon a exercé une poussée latérale de plus en plus forte sur les piles et les a repoussées vers l'axe de la voie.

De tussen de bokken en het massief gelaten ledige ruimte werd ondanks deze voorzorgen en ten gevolge van de vloeiing van de steenkool zeer snel opgevuld; daarna drukte de steenkool steeds feller zijdelings op de bokken en duwde ze naar de as van de galerij terug.



Fig. 9.
Photographie du front de la voie au moment de la pose du revêtement décrit à la figure 8.
Foto van het front van de galerij op het ogenblik dat de in figuur 8 beschreven bekleding wordt geplaatst.

La photographie (fig. 10) a été prise à peu près au même endroit que la figure 9, mais environ un an plus tard. On voit nettement qu'il ne reste plus de la section de la galerie qu'un triangle de 1 m de largeur en couronne. Cette section de la voie DF correspond à la zone la plus sollicitée, visible sur la coupe AA' (fig. 5, voir diagramme des contraintes).

De foto van figuur 10 werd op ongeveer dezelfde plaats genomen als de foto van figuur 9 maar ongeveer een jaar later. Duidelijk merkbaar is dat er van de doorsnede van de galerij niet meer overblijft dan een driehoek met een breedte van 1 m in de kroon. Deze sektie van galerij DF komt overeen met de meest belaste zone die op de doorsnede AA' zichtbaar is (fig. 5, zie spanningsdiagram).



Fig. 10.

Photographie prise à la même place que la figure 9 mais un an après. Les poussées latérales dues au fluage du charbon ont disloqué les piles de bois, ont provoqué un fort soufflage du mur et le flambage des bancs du toit.

Foto die op dezelfde plaats als in figuur 9 maar 1 jaar later werd genomen. De aan de vloeiing van de steenkool te wijten zijdelingse druk heeft de houten bokken ontwricht, heeft de vloer fel doen zwellen en heeft het knikken van de dakbanken veroorzaakt.

Les énormes contraintes verticales concentrées sur le stot en veine Z ont provoqué le fluage horizontal du charbon et du mur tendre. Sous l'effet du frottement intense du charbon sur le mur, ce dernier a flambé et s'est soulevé au centre de la galerie. On remarque sur la figure 10 que le couloir du convoyeur à raclettes est presque en contact avec le toit. Les piles de bois ont été entraînées dans ce mouvement, mais l'ont certainement freiné.

Le toit renforcé par boulons d'ancrage (que l'on voit bien dans la brèche de recarrage) s'est mieux comporté. Cependant, sous l'effet des frottements intenses exercés par le charbon lors de son fluage, les bancs ont flambé et se sont feuilletés et la roche a été littéralement pulvérisée le long du plan de fracture. Les bancs ont légèrement basculé, mais on distingue encore très bien la stratification.

De enorme vertikale spanningen die zich op de reststrook in laag Z koncentreerden, hebben de horizontale vloeiing van de steenkool en van de zachte vloer teweeggebracht. Onder invloed van de intense wrijving van de steenkool op de vloer is deze geknikt en tot in het midden van de galerij naar omhoog gekomen. Op figuur 10 bemerkt men dat de goot van de schraaptransporteur het dak bijna raakt. De houten bokken werden in die beweging meegesleept maar hebben ze zeker afgeremd.

Het met ankerbouten verstevigde dak (dat men in de nabraakbres goed ziet) heeft zich beter gedragen. De intense wrijving door de steenkool tijdens zijn vloeiing had als weerslag dat de banken echter geknikt zijn en in bladen uiteengevallen; langs het breekvlak is het gesteente letterlijk verpulverd. De banken zijn lichtjes omgeslagen maar de gelaagdheid is nog zeer goed te onderscheiden.

La figure 11 montre bien le détail de la pile de droite de la figure 10. Les lits de bois qui, à la pose, étaient placés suivant des lignes verticales, décrivent des courbes très accentuées vers l'axe de la voie. Les lits inférieurs ont suivi le mouvement du mur, tandis que les lits supérieurs restaient bloqués contre le toit qui a finalement flambé.

Tous les soutènements essayés dans cette galerie, même les plus solides, ont subi le même sort. La galerie a été entièrement recarrée. Le calme n'a pu revenir dans cette zone qu'après avoir enlevé un volume de roche et de charbon suffisant pour créer autour de la galerie une zone très large de terrains détendus. Cette gaine doit être large car c'est elle qui, par ses frottements internes, doit équilibrer les hautes contraintes qui subsistent encore dans le massif à grande distance de la galerie.

C'est pourquoi, après un nombre suffisant de recarrages et de rabassenages, les contraintes s'estompent et les revêtements classiques ordinaires donnent à nouveau satisfaction.

Op figuur 11 is de bok die rechts op figuur 10 staat, duidelijk in detail te zien. De houten beddingen die bij het zetten volgens vertikale lijnen waren geplaatst, beschrijven zeer scherpe krommen naar de as van de galerij toe. De onderste beddingen hebben de beweging van de vloer gevolgd terwijl de bovenste beddingen geblokkeerd bleven tegen het dak dat uiteindelijk is geknikt.

Alle in deze galerij beproefde ondersteuningen, ook de stevigste, ondergingen hetzelfde lot. De galerij werd volledig nagebroken. In deze zone keerde de rust pas terug nadat een voldoende volume gesteente en steenkool was weggenomen om rond de galerij een zeer brede zone van ontspannen gesteente te scheppen. Dit omhulsel moet breed zijn want het moet door zijn interne wrijvingen de hoge spanningen in evenwicht houden die op grote afstand van de galerij nog in het massief blijven voortbestaan.

Daarom verflauwen de spanningen na een voldoend aantal nabraken en nadiepingen en voldoen de gewone klassieke bekledingen opnieuw.

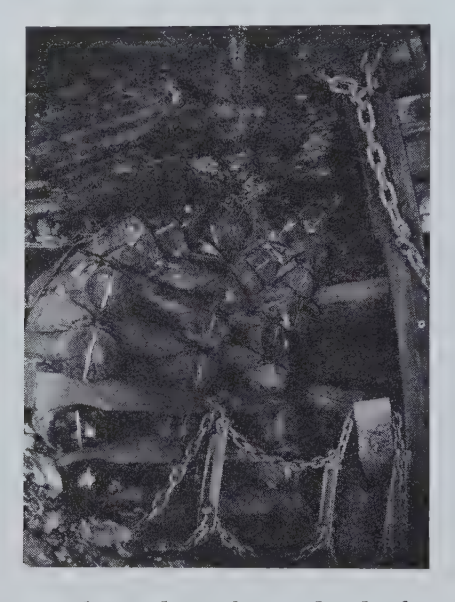


Fig. 11.

Détail de la déformation de la pile de droite visible sur la figure 10.

Detail van de vervorming van de bok die rechts op figuur 10 zichtbaar is.

3ème exemple

Exploitation intégrale du gisement permettant d'assurer un minimum de dégâts dans les voies d'ossature

Il est bien évident que la solution optimale qui assure une protection intégrale des bouveaux consiste à déhouiller au préalable, dans chacune des veines du faisceau, un large panneau de 150 m à 200 m, avant d'entreprendre le creusement des bouveaux (fig. 12).

Dans ce cas, les bouveaux seront creusés dans une zone entièrement détendue et l'exploitation des panneaux amont et aval n'aura plus aucune

Voorbeeld 3

Volledige ontginning van de afzetting met zo weinig mogelijk schade in de skeletgalerijen

De optimale oplossing voor een integrale beveiliging van de steengangen bestaat vanzelfsprekend in het voorafgaandelijk ontkolen van een breed paneel van 150 tot 200 m in elke laag van de bundel voordat de delving van de steengangen wordt aangevat (fig. 12).

In dat geval worden de steengangen in een volledig ontspannen zone gedreven en de ontginning van het opwaartse en het afwaartse veld zal er

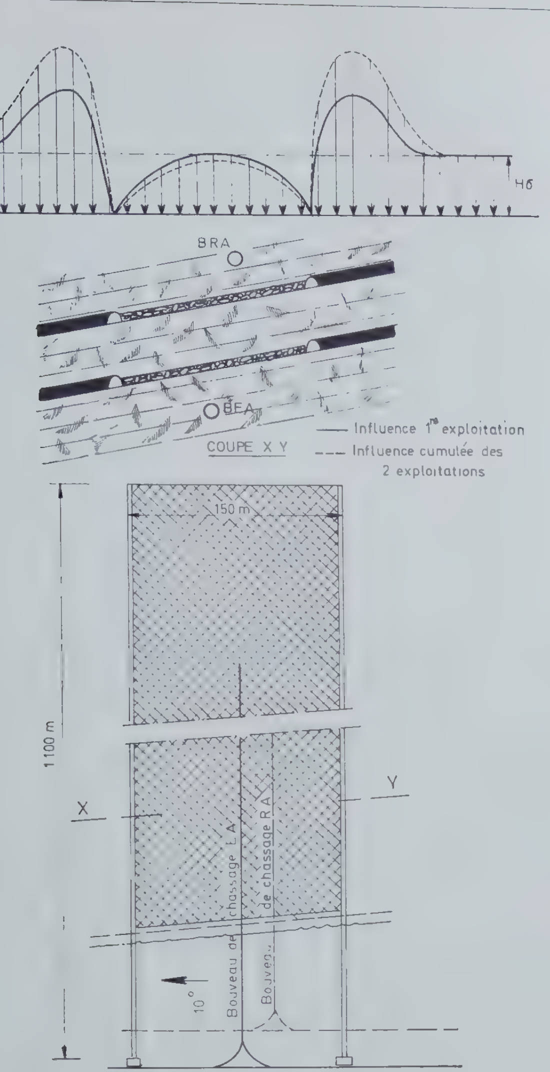


Fig. 12.

Tailles de détente exploitées dans les deux veines avant le creusement des deux bouveaux de chassage. Les bouveaux seront ainsi situés dans des zones où le régime des pressions ne sera plus perturbé par le démarrage des exploitations voisines.

Ontlastingspijler die in de twee lagen ontgonnen worden vooraleer de twee richtsteengangen worden gedreven. De steengangen liggen in zones waar het drukregime niet meer wordt verstoord door het aanzetten van naburige ontginningen.

Influence 1ère exploitation : invloed van de eerste ontginning.
Influence cumulée ... : samengebundelde invloed van de twee ontginningen.
Coupe : profiel.
Bouveau de chassage EA : luchtintrekkende richtsteengang.
Bouveau de chassage RA : luchtkeerrichtsteengang.

influence sur eux. Leurs revêtements ne subiront plus aucun dégât pendant toute la vie des ouvrages. Mais il n'est pas toujours possible de pratiquer de la sorte et l'exemple que nous allons décrire montre comment on peut assurer une exploitation intégrale des veines qui n'auraient pas été exploitées à l'avance, sans faire subir aux bouveaux d'ossature des dégâts graves.

Reprenons la vue en plan (fig. 4) et voyons comment on a exploité le panneau en veine Z à l'aval des tailles 1 et 2. Pour éviter les difficultés décrites à l'exemple 2, il fut décidé de ne pas laisser dans ce panneau de stot de charbon à l'aplomb du bouveau. L'accès à la couche fut réalisé par un incliné en roche R'I. On envisagea d'exploiter d'abord la taille n° 3 vers le nord, mais il fut décidé de creuser le montage de départ en IJ à 40 m au sud du bouveau MN (voir fig. 4 et coupe CC' à la fig. 13). Partant de IJ, la taille n° 3 a chassé vers le nord en passant sous le bouveau peu de temps après son démarrage. Cependant en vue de réduire les affaissements dans le bouveau, la taille fut rem-

geen invloed meer op hebben. Zolang het werk duurt, wordt hun bekleding niet meer beschadigd. Iets dergelijks kan in de praktijk echter niet altijd worden toegepast en het hierna beschreven voorbeeld toont aan hoe kan gezorgd worden voor een integrale ontginning van de lagen die vooraf niet zouden zijn ontgonnen, zonder zware schade toe te brengen aan de skeletsteengangen.

Nemen we opnieuw het bovenaanzicht (fig. 4) en bekijken we hoe het t.o.v. de pijlers 1 en 2 afwaarts gelegen paneel in laag Z werd ontgonnen. Om de in voorbeeld 2 beschreven moeilijkheden te vermijden, werd besloten in dit veld geen reststrook steenkool op de vertikale van de steengang achter te laten. De toegang tot de laag werd via een hellende galerij R'I in het gesteente verwezenlijkt. Overwogen werd eerst pijler nr. 3 naar het noorden te ontginnen maar beslist werd de vertrekdoortocht in IJ te delven op 40 m ten zuiden van steengang MN (zie fig. 4 en doorsnede CC' op fig. 13). Met IJ als vertrekpunt werd pijler nr. 3 naar het noorden gedreven waarbij hij iets na zijn aanzetting onder de steengang doorging.

blayée pneumatiquement.

En démarrant ainsi, le bouveau n'aurait à subir qu'un mouvement vertical de descente, suivi d'une détente. L'onde de hautes contraintes qui précède une taille en activité n'a pas le temps de s'établir quand celle-ci n'a chassé que sur une longueur de 35 m à 40 m et le massif en avant de la taille n'est donc pas sujet à ces fortes pressions, souvent redoutables pour les ouvrages miniers qui y sont soumis.

Met het oog op een beperking van de verzakkingen in de steengang werd de pijler echter pneumatisch opgevuld.

Door zo te vertrekken zou de steengang slechts een vertikale dalingsbeweging ondergaan te hebben, gevolgd door een ontspanning. De aan een aktieve pijler voorafgaande hogedrukgolf krijgt niet de tijd zich te vormen als de pijler over een lengte van slechts 35 tot 40 m wordt gedreven en het massief voor de pijler is dus niet onderhevig aan deze felle druk, vaak geducht door het eraan onderworpen mijnwerk.

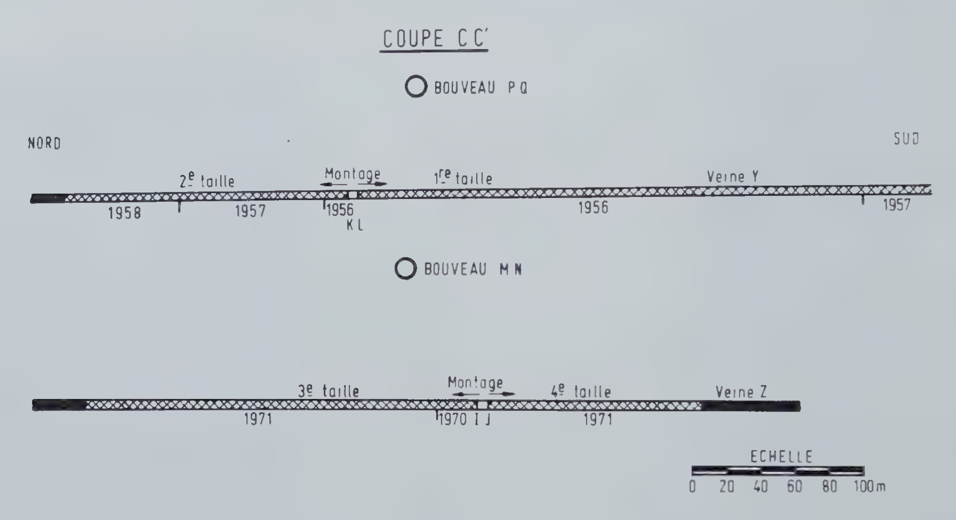


Fig. 13.

Coupe longitudinale CC' (sud-nord) suivant l'axe du panneau en veine Z, exploité par les tailles 3 et 4 (voir vue en plan, fig. 4).

Langsprofiel CC' (zuid-noord) volgens de as van het paneel in laag Z, ontgonnen door de pijlers 3 en 4 (zie bovenaanzicht, fig. 4).

Coupe : profiel.
Taille : pijler.
Montage : doortocht.
Veine : laag.
Bouveau : steengang.

La taille a démarré au mois de décembre 1970; elle est passée sous le bouveau au mois de janvier et, le 15 février 1971, elle se trouvait à 40 m au-delà du bouveau. Plus de 50 % de l'affaissement s'est produit au cours de cette période, puis encore 25 % le mois suivant, tandis que le 25 juin 1971, soit 6 mois après le démarrage, il était pratiquement achevé. A ce moment, le front de la taille se trouvait à 200 m du bouveau.

L'affaissement fut de 1,02 m maximum pour une veine de 2,40 m d'ouverture, soit environ 40 %, ce qui est tout à fait normal pour du remblayage pneumatique bien fait. Le bouveau n'a pas subi de dégâts importants. Il est descendu en bloc dans la partie centrale, mais sur les bords de la cuvette la variation de pente est assez brutale (fig. 14).

Le bouveau est revêtu de claveaux de béton et on constate que chaque anneau de claveaux descend séparément sans déformation du cercle ni

In december 1970 is de pijler aangezet; in januari is hij onder de steengang doorgegaan en op 15 februari 1971 was hij de steengang 40 m voorbij. In deze periode heeft zich meer dan 50 % van de verzakking voorgedaan, de volgende maand dan nog 25 % en op 25 juni 1971, dus 6 maand na de aanzetting was hij praktisch voltooid. Op dat ogenblik bevond het pijlerfront zich op 200 m van de steengang.

Voor een laag met een opening van 2,40 m bedroeg de verzakking maximum 1,02 m hetzij ongeveer 40 % wat voor goed uitgevoerde blaasvulling heel normaal is. Belangrijke schade heeft de steengang niet ondergaan. In het middengedeelte is hij als één blok naar beneden gekomen maar op de randen van de kom is de hellingvariatie vrij brutaal (fig. 14).

De steengang wordt met betonblokken bekleed en men stelt vast dat elke ring betonblokken afzonderlijk afzakt zonder dat de ring wordt ver-

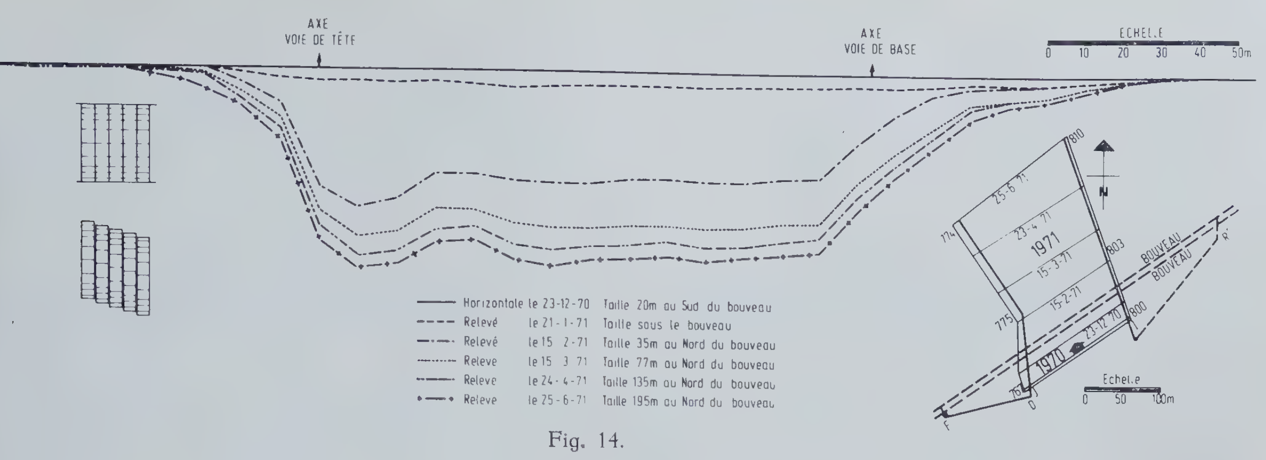


Fig. 14.

Affaissements observés dans le bouveau MN après l'exploitation de la taille n° 3 en veine Z.

Verzakkingen die in steengang MN werden waargenomen na de ontginning van pijler nr. 3 in laag Z.

Axe voie de tête : as van de kopgalerij.
Axe voie de base : as van de voetgalerij.
Bouveau : steengang.

————————	:	horizontaal op 23-12-70. Pijler 20 m ten zuiden van de steengang.
— — — — —	:	staat op 21-1-71. Pijler onder de steengang.
. — . — . —	:	staat op 15-2-71. Pijler 35 m ten noorden van de steengang.
. . . .	:	staat op 15-3-71. Pijler 77 m ten noorden van de steengang.
.. — .. — .. —	:	staat op 24-4-71. Pijler 135 m ten noorden van de steengang.
—— . ——	:	staat op 25-6-71. Pijler 195 m ten noorden van de steengang.

destruction. On remarque que les planchettes en bois qui solidarisent plusieurs anneaux sont cisaillées au droit de chaque anneau. Cette déformation longitudinale du bouveau n'a entraîné qu'une remise à niveau locale des voies pour atténuer la pente et cela sans interruption du trafic.

L'exploitation de la taille n° 4 en veine Z vers le sud a démarré au mois d'août 1971. A cet effet, on a exécuté un remontage de taille en bordure des remblais de la taille n° 3, c'est-à-dire tangent à l'ancien montage IJ de façon à ne laisser aucun pilier de charbon entre les deux exploitations. La taille a progressé de plus de 150 m et aucune nouvelle contrainte n'est apparue sur le bouveau. Le massif est complètement détendu et les galeries situées à l'intérieur de cette zone ne subissent plus aucune contrainte.

Il est à noter qu'il y a 15 ans, la veine Y de 1,60 m d'ouverture située 61 m plus haut entre les deux bouveaux MN et PQ des étages d'entrée et de retour d'air, avait été exploitée d'une manière analogue. A l'époque, elle avait aussi été remblayée pneumatiquement. Cette fois, la taille sud avait démarré la première au début de l'année 1956 (voir vue en plan, fig. 4 et coupe CC', fig. 13) et, en conséquence, le montage de départ avait été creusé à 33 m au nord des bouveaux. La taille est passée en sandwich entre les deux bouveaux, ainsi qu'on peut le voir sur la coupe CC' (fig. 13) sans causer de dommages. Par la suite en fin d'année, la taille n° 2 a été

vormd of vernietigd. Men bemerkt dat de houten plankjes die verscheidene ringen met elkaar verbinden, rechts van elke ring zijn afgeschoven. Deze overlangse vervorming van de steengang heeft slechts een hoogtebijwerking op plaatselijk vlak van de galerijen meegebracht, en dit om de helling te verminderen en zonder het verkeer te onderbreken.

In augustus 1971 is de ontginning van pijler nr. 4 in laag Z naar het zuiden gestart. Hiertoe werd langs de opvulling van pijler nr. 3 opnieuw een pijlerdoortocht aangelegd d.w.z. rakend aan de vroegere doortocht IJ, zodanig dat tussen de twee ontginningen geen steenkolenpijler werd achtergelaten. De pijler is meer dan 150 m vooruitgegaan en op de steengang is geen enkele nieuwe spanning verschenen. Het massief is volledig ontspannen en de galerijen binnen deze zone ondergaan geen enkele druk meer.

Er dient genoteerd dat laag Y die een opening heeft van 1,60 m en die 61 m hoger gelegen is tussen de twee steengangen MN en PQ van de luchtaanvoer- en luchtafvoerverdiepingen, 15 jaar geleden op analoge wijze was ontgonnen. Ze was indertijd ook pneumatisch opgevuld. De zuidelijke pijler werd deze keer begin 1956 (zie bovenaanzicht, fig. 4 en doorsnede CC', fig. 13) het eerst aangezet en de vertrekdoortocht was bijgevolg 33 m ten noorden van de steengangen gedolven. De pijler is tussen de twee steengangen doorgegaan, zoals te zien op doorsnede CC' (fig. 13), zonder schade te berokkenen. Daarna is op het einde van het jaar pijler nr. 2 geopend met een

ouverte par un montage tangent à KL et a démarré vers le nord. Les effets sur le bouveau supérieur PQ ont été analogues à ceux décrits ci-dessus et, dans le bouveau MN, on n'a vu aucune trace de contraintes supplémentaires.

aan KL rakende doortocht en naar het noorden vertrokken. De weerslag op de hoger gelegen steengang PQ is analoog geweest aan het hierboven beschreven effekt en in steengang MN werd geen spoor van bijkomende spanning waargenomen.

4ème exemple

Déhouillement complet d'un gisement dans le schéma d'exploitation « couche par couche »

Les principes rappelés ci-devant trouvent aussi des applications dans les gisements où l'on pratique l'exploitation « couche par couche ». Trop souvent dans ce genre d'exploitation, on pénètre dans la veine en creusant des traçages parallèles en ferme, l'un d'entrée et l'autre de retour d'air. On laisse le massif de charbon entre les deux galeries et on démarre les tailles chassantes de part et d'autre des traçages en abandonnant des stots ou piliers de protection de 50 à 80 m (fig. 15).

Voorbeeld 4

Volledige ontkoling van een afzetting in het « laag per laag »-ontginningsschema

De hiervoor opnieuw aangehaalde beginselen zijn ook toepasselijk op afzettingen waar de « laag per laag »-ontginning wordt toegepast. Bij dit soort van ontginning dringt men te vaak in de laag door in het volle gesteente parallele richtgalerijen te delven : de ene t.b.v. de luchtaanvoer en de andere t.b.v. de luchtafvoer. Men laat het kolenmassief tussen de twee galerijen staan en men zet de voorwaartse pijlers aan weerszijden van de richtgalerijen aan waarbij reststroken of beschermpijlers van 50 tot 80 m (fig. 15) ter plaatse worden gelaten.

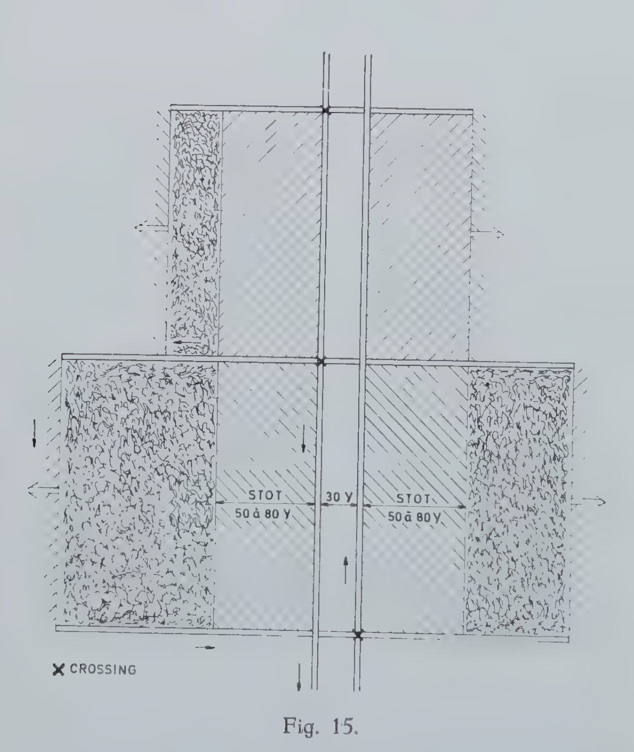


Fig. 15.

Exploitation « couche par couche ». Protection illusoire des voies de pénétration par stots abandonnés.

« Laag per laag »-ontginning. Denkbeeldige beveiliging van de ontsluitingsgalerijen door achtergelaten reststroken.

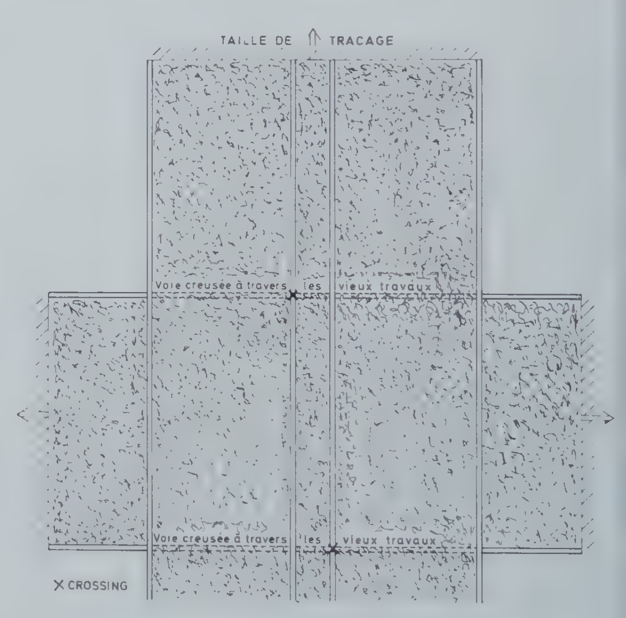


Fig. 16.

Exploitation « couche par couche ». Pénétration dans le gisement par une taille de traçage et exploitation complète de la couche.

« Laag per laag »-ontginning. Ontsluiting van de afzetting door middel van een voorbereidende pijler en volledige ontginning van de laag.

Voie ... : doorheen oude werken gedolven galerij.

Quand les tailles chassantes ont progressé d'une centaine de mètres, on s'aperçoit vite que les contraintes s'élèvent sur les stots. Les traçages principaux et les tronçons des voies d'accès aux tailles chassantes creusés dans ces stots s'écrasent et donnent lieu à des travaux d'entretien très coûteux.

Als de voorwaartse pijlers een honderdtal meter gevorderd zijn, bemerkt men al vlug dat de druk op de reststroken toeneemt. De hoofdrichtgalerijen en de in deze reststroken gedolven stukken toegangsgalerijen van de voorwaartse pijlers, gaan dicht en vergen zeer kostelijke onderhoudswerkzaamheden.

Pour éviter ces ennuis, il nous paraît beaucoup plus économique et plus profitable de procéder à l'exploitation intégrale de la veine. A cet effet, il convient de prendre une taille de traçage de 200 à 250 m de front avançant avec 4 galeries dont deux médianes et deux en bordure (fig. 16). Les galeries de bordure serviront plus tard de montages de départ aux tailles chassantes, tandis que les voies médianes distantes de 30 à 40 m, par exemple, resteront ouvertes comme voies principales d'entrée et de retour d'air de l'ensemble du quartier.

Certes, les frais d'exploitation dans la taille de traçage seront un peu plus élevés par suite du creusement de 4 galeries, mais les avantages que l'on peut retirer de l'exploitation rationnelle et complète du gisement, compenseront largement les coûts supplémentaires.

Les soutènements des galeries principales feront l'objet d'un soin attentif. Il suffira de couper, au creusement de ces voies, une hauteur suffisante pour tenir compte de l'affaissement inéluctable du massif lors de l'enlèvement de la couche. On placera, de part et d'autre des voies, des épis de remblais ou des piles de bois qui s'écraseront symétriquement de façon à éviter tout point dur dans le massif. Les voies conserveront ainsi une belle section à l'abri de toutes contraintes.

Quand les roches sont tendres, il n'y a pas de crainte à voir s'établir par la suite des courts-circuits d'air entre l'entrée et le retour d'air. Les vides au milieu d'une zone exploitée se referment complètement. Il n'en est cependant pas de même aux montages de départ des tailles.

Les voies d'accès aux tailles chassantes seront creusées à travers les vieux travaux et, à cette occasion, on verra comment les éboulis de foudroyage se sont consolidés.

Si on adopte ce schéma d'exploitation, les galeries principales situées dans des zones détendues ne subiront plus de contraintes supplémentaires au démarrage des tailles chassantes.

De plus, on ménage complètement l'avenir de l'exploitation des veines sous-jacentes et le découpage dans celles-ci ne sera pas tributaire des travaux antérieurs. On évitera ainsi d'abandonner des stots qui deviennent le siège de contraintes excessives et dont les effets nuisibles sont bien connus et ont encore été rappelés dans ce rapport.

Conclusions

Ces quelques exemples, décrits en détail dans leur contexte minier, mettent bien en évidence l'intérêt qu'il peut y avoir à creuser les galeries

Om deze narigheden te vermijden, lijkt ons de volledige ontginning van de laag veel ekonomischer en voordeliger. Hiertoe dient een pijler gewonnen met een frontlengte van 200 tot 250 m en met 4 galerijen waarvan 2 in het midden en 1 op elke rand (fig. 16). De randgalerijen kunnen later dienen als vertrekdoortochten voor de voorwaartse pijlers terwijl de middengalerijen die bijvoorbeeld 30 tot 40 m van elkaar verwijderd zijn, open blijven als hoofdgalerijen voor de luchtaanvoer en luchtafvoer voor geheel de afdeling.

Voor de voorbereidende pijler zullen de ontginningsonkosten als gevolg van het drijven van 4 galerijen zeker wat hoger liggen maar de voordelen die te halen zijn uit de rationele en volledige ontginning van de afzetting, zullen de bijkomende kosten ruim kompenseren.

Bijzondere aandacht dient te worden geschonken aan de ondersteuning van de hoofdgalerijen. Bij de delving van deze galerijen volstaat het hoog genoeg te versnijden om rekening te houden met de onvermijdelijke verzakking van het massief bij het uithalen van de laag. Aan weerszijden van de galerijen dienen steendammen of houten bokken te worden geplaatst die symmetrisch verpletterd worden om op die manier ieder hard punt in het massief te vermijden. De galerijen zullen zo een tegen alle druk beveiligde, mooie doorsnede behouden.

Bij zacht gesteente hoeft men echter niet te vrezen voor kortsluitingen van de lucht tussen de luchtaanvoer en de luchtafvoer. De ledige ruimten in het midden van een ontgonnen zone gaan volledig dicht. Hetzelfde geldt echter niet voor de vertrekdoortochten van de pijlers.

De toegangsgalerijen van de voorwaartse pijlers dienen doorheen de oude werken te worden gedolven en bij die gelegenheid ziet men hoe vast de breukstenen zijn samengedrukt.

Als dit ontginningsschema wordt aangenomen, ondergaan de hoofdgalerijen in ontspannen zones geen bijkomende druk meer bij het aanzetten van de voorwaartse pijlers.

Bovendien ontziet men de toekomstige ontginning van de onderliggende lagen en de versnijding hierin is niet afhankelijk zijn van vroegere werkzaamheden. Zo wordt vermeden dat reststroken worden achtergelaten die een bron worden van uiterst hevige spanningen en waarvan de schadelijke weerslag goed gekend is en waaraan in dit rapport nog werd herinnerd.

Besluiten

Deze enkele voorbeelden, uitvoerig beschreven en in hun mijnkontekst geplaatst, tonen duidelijk en klaar aan hoe belangrijk het kan zijn de

principales d'une mine dans des terrains détendus par l'exploitation d'une ou plusieurs veines.

Pour les bouveaux de chassage ou les bouveaux de recoupe, il y a intérêt, si les travaux préparatoires ont suffisamment d'avance, à exploiter de larges panneaux dans la ou les veines situées à l'aplomb de l'endroit où les bouveaux seront creusés (que ce soit au-dessus ou en dessous).

Pour les voies principales de pénétration en veine, il faut aussi prendre une taille de détente à large front et creuser les voies à mesure de l'avancement de la taille. Ces deux voies équipées au creusement d'un revêtement coulissant permettant un affaissement homogène du massif sans créer de points durs, n'auront plus à souffrir du départ des tailles chassantes situées à gauche et à droite de la taille de détente. De plus, l'exploitation totale de la couche, sans abandon de piliers, ménagera complètement l'exploitation éventuelle d'une ou plusieurs veines sous-jacentes. On pourra y établir un schéma d'exploitation logique qui n'aura pas à tenir compte de contraintes élevées et anormales, induites artificiellement dans le massif par des exploitations antérieures non rationnelles.

Un pilier de charbon abandonné dans une veine peut devenir le siège de si fortes contraintes que les galeries creusées dans ce pilier ou à l'aplomb de ce pilier seront complètement détruites et qu'aucun soutènement ne sera plus capable de les contenir. Le calme ne pourra revenir dans ces voies qu'après avoir enlevé, par recarrages successifs, un très grand volume de roche, de façon à créer autour de la galerie en question, une très large zone détendue où les frottements internes entre les blocs seront suffisants pour s'opposer aux fortes poussées verticales. Un pilier, abandonné dans un massif, peut être assimilé à la pile d'un pont et il est dangereux de creuser une galerie dans la pile ou à l'aplomb de cette pile.

Si une veine n'a pu être déhouillée avant le creusement d'un bouveau, il faut absolument éviter de démarrer la taille loin du bouveau et de passer au-dessus ou en dessous de celui-ci, alors que l'onde de hautes contraintes qui précède toute taille active a pris toute son ampleur. En effet, dans ce cas, si on se trouve dans un massif de roches tendres, la destruction du soutènement des galeries supérieures ou inférieures est inévitable par suite du fluage intense des bancs voisins du vide provoqué par les contraintes additionnelles. Le seul schéma d'exploitation logique

hoofdgalerijen van een mijn te delven in gesteente dat door de ontginning van een of meer lagen werd ontspannen.

Voor de richtsteengangen of de dwarssteengangen is het van belang, als het voorbereidende werk ver genoeg gevorderd is, brede panelen te ontginnen in de laag of lagen die op de vertikale ligt of liggen van de plaats waar de steengangen zullen worden gedolven (of dat nu erboven of eronder is).

Ook dient voor de voornaamste ontsluitingsgalerijen in de laag een ontlastingspijler met breed front te worden ontgonnen en de galerijen dienen te worden gedreven naargelang de pijler vooruitgaat. Deze twee galerijen die bij de delving werden uitgerust met een meegevende bekleding waarmee een homogene verzakking van het massief zonder schepping van harde punten mogelijk is, zullen niet meer te lijden hebben onder het aanzetten van de links en rechts van de ontlastingspijler gelegen voorwaartse pijlers. De totale ontginning van de laag zal bovendien de eventuele ontginning van een of meer onderliggende lagen ontzien zonder pijlers achter le laten. Men zou hier een logisch ontginningsschema kunnen opstellen dat niet hoeft rekening te houden met de hoge en ongewone druk die kunstmatig in het massief werd gebracht door vroegere, niet-rationele ontginningen.

Een in een laag achtergelaten steenkolenpijler kan een bron worden van zo sterke drukkingen dat de in deze pijler of op de vertikale van deze pijler gedolven galerijen volledig verwoest worden en dat geen enkele ondersteuning in staat is ze in stand te houden. Deze galerijen kunnen pas opnieuw tot rust komen als door achtereenvolgende nabraken een zeer groot volume gesteente werd weggehaald om op die wijze rond de galerij in kwestie een zeer brede, ontspannen zone te scheppen waar de interne wrijving tussen de blokken voldoende is om zich tegen de sterke vertikale stuwing te verzetten. Een pijler, achtergelaten in een massief, kan op gelijke voet gesteld worden met een brugpijler en in deze pijler of op de vertikale van deze pijler een galerij delven is zeer gevaarlijk.

Zo een laag niet voor de delving van een steengang kan ontkoold worden, dient absoluut vermeden dat de pijler ver van de steengang wordt aangezet en dat hij onder of boven hem doorgaat wanneer de aan iedere aktieve pijler voorafgaande hogedrukgolf op zijn hoogtepunt is gekomen. Indien men zich in een massief zacht gesteente bevindt, is de vernietiging van de ondersteuning van de hoger- of lagergelegen lagen in dat geval immers onvermijdelijk als gevolg van de intense vloeiing van banken in de nabijheid van de ledige ruimte die door de bijkomende

qui assure un déhouillement intégral de la veine, sans abandon de stot, consiste à creuser un montage à une quarantaine de mètres du bouveau, mais du côté opposé au sens de marche de la taille. Dans ces conditions, la taille passera au-dessus ou en dessous du bouveau à un moment où l'onde de hautes contraintes ne se sera pas encore établie. Les terrains entourant le bouveau ne subiront pas de contraintes additionnelles et le revêtement ne sera pas détruit. Si la taille passe sous le bouveau, il sera utile de la remblayer pneumatiquement pour limiter l'affaissement vertical inéluctable.

Au moment de l'élaboration de nouveaux projets d'exploitation, il sera utile d'avoir présents à l'esprit les principes énoncés ci-dessus, car nous sommes convaincus que leur stricte observance est susceptible d'éviter bien des déboires et de réduire considérablement les travaux d'entretien qui perturbent si souvent et si fortement la marche des tailles.

Bibliographie

P. STASSEN et J. VENTER. — Les pressions et les mouvements en terrains tendres. Congrès International sur les Pressions de Terrains, organisé à Leipzig en octobre 1958 par la Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin - Sektion für Bergbau. **Volume du Congrès de Leipzig,** 1958, pp. 131/143, 10 fig. **Annales des Mines de Belgique,** 1960, janvier, pp. 24/31, 10 fig.

P. STASSEN. — Choice of heading methods and types of supports. Texte présenté à la 3e Conférence, organisée en commun par le N.C.B. Central Engineering Establishment et le C.U.M.M. Mining Engineering, avril 1966. **Colliery Guardian,** 1966, 18 novembre, pp. 653/658, 21 fig. et 25 novembre, pp. 685/688, 5 fig.

P. STASSEN et A. HAUSMAN. — La qualité des épontes et le soutènement dans les chantiers des mines de houille. **Journées d'Etudes Internationales sur les Pressions de Terrains,** Essen, 17 et 18 octobre 1956, 18 pages, 8 fig.

P. STASSEN. — Gestion des voies. Conférence présentée aux Journées d'Information « Pressions de terrains et soutènement dans les mines » organisées par la Commission des Communautés Européennes à Luxembourg, les 13 et 14 novembre 1969. **CECA, Doc. EUR 4533 d.f.,** pp. 369/400, 36 fig. **Annales des Mines de Belgique,** 1970, février, pp. 161/199, 36 fig.

druk wordt veroorzaakt. Het enige logische ontginningsschema dat voor een volledige ontkoling van de laag zorgt en tevens geen reststrook achterlaat, bestaat in de delving van een doortocht op een veertigtal meter van de steengang maar aan de tegenovergestelde kant van de bewegingsrichting van de pijler. In die omstandigheden gaat de pijler onder of boven de steengang door op een ogenblik dat de hogedrukgolf zich nog niet heeft gevormd. Het gesteente rond de steengang ondergaat geen bijkomende druk en de bekleding wordt niet vernietigd. Als de pijler onder de steengang doorgaat, is het nuttig hem pneumatisch op te vullen om de onvermijdelijke vertikale verzakking te beperken.

Op het ogenblik dat nieuwe ontginningsprojekten worden op touw gezet, is het zeker nuttig de hiervoor uiteengezette beginselen voor de geest te hebben want wij zijn ervan overtuigd dat hun strikte naleving heelwat tegenslagen kan vermijden en de onderhoudswerkzaamheden die zo vaak en zo fel de gang van de pijlers verstoren, aanzienlijk kunnen beperken.

Bibliografie

P. STASSEN en J. VENTER. — Les pressions et les mouvements en terrains tendres. Internationaal Kongres over de Gesteentedruk, georganiseerd te Leipzig in oktober 1958 door de Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin - Sektion für Bergbau. **Volume du Congrès de Leipzig,** 1958, pp. 131/143, 10 fig. **Annalen der Mijnen van België,** 1960, januari, pp. 24/31, 10 fig.

P. STASSEN. — Choice of heading methods and types of supports. Tekst die werd voorgedragen op de 3de Konferentie die tezamen door de N.C.B. Central Engineering Establishment en de C.U.M.M. Mining Engineering in april 1966 werd georganiseerd. **Colliery Guardian,** 1966. 18 november, pp. 653/658, 21 fig. en 25 november, pp. 685/688, 5 fig.

P. STASSEN en A. HAUSMAN. — La qualité des épontes et le soutènement dans les chantiers des mines de houille. **Journées d'Etudes Internationales sur les Pressions de Terrains,** Essen, 17 en 18 oktober 1956, 18 bladzijden, 8 fig.

P. STASSEN. — De galerijen in de mijnbouw. Voordracht die werd gehouden op de Informatiedagen « Gesteentedruk en ondersteuning in de mijnen », georganiseerd door de Commissie van de Europese Gemeenschappen te Luxemburg op 13 en 14 november 1969. **EGKS, dok. EUR 4533 d.f.,** pp. 369/400, 36 fig. **Annalen der Mijnen van België,** 1970, februari, pp. 161/199, 36 fig.

Sélection des fiches d'INIEX

INIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet*, à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.

b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet*, donnant des vues sur toutes les nouveautés. C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE. GISEMENT. PROSPECTION. SONDAGES.

IND. **A 352** Fiche n° **60.021**

G. ARMSTRONG. Review of the geology of the British continental Shelf. *Revue de la géologie du socle continental britannique.* — **The Mining Engineer**, 1972, juillet, p. 463/481 (avec discussion), 6 fig.

La présente étude retrace le développement de la géologie du socle continental britannique qui revêt un intérêt manifeste en raison de la découverte en Hollande en 1959 du gaz naturel dans les roches du substratum permien. La caractéristique principale de la structure de la région consiste dans l'existence d'un bassin épicontinental typique, coïncidant avec la Mer du Nord, et qui contient des sédiments post-carbonifériens sur plus de 6000 m d'épaisseur, dans lesquels plusieurs niveaux pétrolifères se trouvent intercalés. Ces sédiments reposent en discordance de stratification sur un substratum complexe dans le Nord et sur un substratum hercynien moins déformé dans le Sud, qui renferme les couches de charbon à partir desquelles le gaz naturel s'est produit et a migré. A l'intérieur du bassin de la Mer du Nord, il est possible d'identifier un certain nombre de sous-bassins, ceux-ci constituant les principaux objectifs de la recherche d'hydrocarbures. Subséquemment des bassins mineurs du type continental existent également dans la région de la Mer d'Irlande et de la Baie de Cardigan. Géologiquement parlant, le vrai socle continental se situe à l'ouest des Shetlands; il s'étend vers le sud derrière la côte irlandaise et la Mer Celtique et à l'ouest des Cornouailles. Sur ce socle, on a localisé plusieurs bassins sédimentaires profonds; toutefois les sédiments qu'ils contiennent ne sont pas encore identifiés. A l'heure présente, à part

celui de la partie nord de la Mer du Nord, seules les grandes lignes du schéma de la structure géologique du socle continental britannique ont été déterminées et la géologie détaillée — avec les secrets minéraux qu'elle peut détenir — reste encore aujourd'hui fort peu connue. Les cinq prochaines années constitueront vraisemblablement une phase cruciale et décisive de l'exploitation et apporteront la preuve de l'échelle et du potentiel commercial des gisements de combustibles naturels existant sur le seuil de la Grande-Bretagne.

IND. **A 40** Fiche n° **59.996**
T. COSTELLO. Remote sensing capabilities for detection of mineral targets. *Les possibilités de détection à distance de gisements minéraux.* — **Mining Congress Journal,** 1972, mai, p. 55/59, 5 fig.

La NASA doit lancer sous peu un satellite appelé ERTS (Earth resources technology satellite) qui permettra à un vaste groupe de spécialistes d'obtenir de nombreux renseignements sur les ressources de la terre et la préservation de son environnement. Le satellite est équipé de caméras et de multiples appareils de détection et d'exploitation. Le satellite sera sur orbite et enverra des photos de tous les points du globe, chaque point revenant au bout de 18 jours. La vie d'un satellite est prévue pour un an et un second satellite remplacera ensuite le premier. On prévoit pour le futur le lancement d'un autre genre de satellite, dit Skylab qui sera habité et équipé d'un laboratoire. On attend de grands résultats des satellites d'étude des ressources terrestres, tout en précisant qu'il n'est pas question qu'ils remplacent les autres moyens classiques de prospection au sol.

IND. **A 45** Fiche n° **60.044**
P. CODET, B. DAMOTTE, E. ERB, M. LAVERGNE et P.C. LAYOTTE. Essais de sismique réflexion appliquée à la stratigraphie dans les travaux miniers .— **Industrie Minérale,** 1972, mai, p. 220/228, 16 fig.

Le CERCHAR en collaboration avec l'Institut Français du Pétrole a mis au point un procédé de sismique réflexion à haute résolution qui permet le tracé de coupes de gisement et ainsi connaître le profil des couches de charbon sous-jacentes à une galerie déjà existante. 1. Principe de la méthode sismique. 1.1. Emission. 1.2. Propagation des ondes. 1.3. Réception. 1.4. Traitements. 1.5. Présentation des enregistrements sismiques. 2. Particularite de la sismique minière. 2.1. Haute résolution. 2 2. Conditions d'emploi de la chaîne sismique. 3. Appareillage et mise en œuvre. 3.1. Les capteurs. 3.2. L'amplification. 3.3. L'enregistrement. 3.4. Commande centrale. 3.5. Time Break. 3.6. Dispositif sismique. 4. Les résultats expérimentaux. 4.1. Siège 21 Hénin-Liétard. 4.2. Siège Darcy. 5. Applications.

IND. **A 520** Fiche n° **59.980**
W. KOWALSKI. Die Bergbau--Zulieferindustrie auf der Hannover-Messe 1972. *Les fournisseurs de matériel de mine à la Foire de Hanovre 1972. « Equipements de forage pour la surface ».* — **Glückauf,** 1972, 22 juin, p. 502/505, 1 fig.

1) *De la firme Demag Drucklufttechnik GmbH.* Deux versions (II et III) améliorées du chariot de forage sur roues MWD 25 I, destinées aux carrières et travaux de génie civil. Il est équipé avec un perforateur DH 105, capable de forer verticalement au ∅ 105 mm jusqu'à 60 m. 2) *De la Maschinenfabrik Rudolf Hausherr.* La nouvelle foreuse rotative pour trous de grand diamètre (variables de 65 à 250 mm). Avancement en calcaire : 25 à 40 m/heure. Sur demande, sa commande programmée peut être rendue totalement automatique. Construite selon le principe des « blocs », sa commande est entièrement hydraulique avec réducteur hydromécanique qui permet le réglage continu du nombre de tours et de la vitesse de poussée. 3) *De la Ingersoll-Rand GmbH.* Le chariot de forage sur chenilles CM.250; il est équipé avec un perforateur à fond de trou type DH D 14 (poids 31 kg); diamètre de forage compris entre 102 et 114 mm. La rotation de la table est commandée par un moteur à air comprimé, à lamelles de 5,6 cv. Vitesse de rotation réglable en continu selon la charge entre 47 et 60 tr/min. Couple moteur maximum 153 kgm. Consommation d'air comprimé : a) à la tête de rotation 2 m^3/min; b) du perforateur 6 m^3/min. Vitesse d'avancement relevée avec couronne diamantée de 114 mm en gabbro : 9 m/h; en basalte et diabase avec couronne de 102 mm : de 12 à 17 m/h. 4) *De la Salzgitter Maschinen AG.* Installation de forage à affût, type UH1, entièrement automatique, destinée à creuser des puits artésiens ou lors de travaux de construction en terrains meubles ou tendres. Elle travaille à sec ou avec curage à l'eau en rotary ou en carotté. Le moteur hydraulique de commande permet une variation continue du nombre de tours s'étalant de 0 à 192 tr/min; couple moteur variable de 150 à 250 kgm. Pompe de curage K 450 : débit 450 l/min à 21 kg/cm^2. 5) *De la firme Alfred Wirth und C° KG.* a) l'Equipement de forage B 3 A entièrement hydraulique; il peut forer aussi bien en terrains meubles (puits artésiens jusqu'à 1 m de diamètre) qu'en roches pétrifiées. Dans ce dernier cas, avec passes successives à diamètre décroissant, il peut forer jusqu'à 1000 m. b) L'équipement B 1 A 3 : il comporte une table de rotation pour grand diamètre. A commande entièrement hydrostatique, elle peut forer en ter-

rains meubles, jusqu'au diamètre de 2,10 m. 6) *De la firme Christensen Diamond Products GmbH :* la couronne à diamants sertis, type MC-22. FD pour carottage en charbon. Deux dimensions existent: 6,5" x 4" (intérieur) et 8,5" x 4".

B. ACCES AU GISEMENT. METHODES D'EXPLOITATION.

IND. **B 115** Fiche n° **59.667**

J. BONZEL et J. DAHMS. Ueber den Einfluss des Zements und der Eigenshaften der Zementsuspensionen auf die Injizierbarkeit in Lockergesteinsböden. *Sur l'influence du ciment et des propriétés des suspensions de ciment sur l'injectabilité dans les sols de roches meubles.* — **Beton-Verlag GmbH,** Düsseldorf, 1972, 70 p., 23 fig.

Les suspensions de 19 ciments différant par leur type, leur composition, leur finesse et leur résistance et présentant des rapports EC entre 0,50 et 2 ont été étudiées au point de vue de leur comportement en ce qui concerne la fluidité, la sédimentation et l'injection. La viscosité apparente des suspensions était entre 4 et 100 cP, la viscosité dynamique entre 4 et 81 cP. Pour la limite de fluidité de Bingham, on a obtenu des valeurs entre 0,1 et 183 dyn/cm^2. Le rapport E/C des suspensions de ciment doit en général être limité à 2 tout au plus, car toute augmentation du rapport E/C n'améliore pas, en règle générale, la fluidité des suspensions. Afin d'obtenir une grandeur caractéristique du pouvoir de sédimentation, on a déterminé la vitesse de sédimentation. Pour les suspensions étudiées elle se trouvait dans l'ensemble entre 0 et 60.10^4 cm/s, mais dans le cas d'utilisation nécessitant une sédimentation aussi lente que possible elle ne doit pas dépasser 30.10^4 cm/s. Les essais d'injection effectués sur des corps d'essai consitués par des sols standards (sable naturel 1/2 mm et/ou 0,8/1,2 mm) avec des pressions d'injection entre 0,1 et environ 10 bars ont donné des différences caractéristiques dans le comportement des différentes suspensions de ciment. Lors d'essais d'injection sur un seul axe effectués sur de petits corps d'essai, ce sont les suspensions de ciment de finesse moyenne qui étaient les plus faciles à injecter. Ces résultats furent confirmés également par les essais d'injection effectués sur des corps d'essai cubiques (1 m^3). Toutefois dans ce cas, l'injection de suspensions contenant des ciments finement broyés était également, facilement réalisable. Lorsqu'il s'agit de suspensions de ciment difficilement injectables par suite de leur mauvaise fluidité, de plus grandes profondeurs de pénétration ne peuvent être obtenues que dans une mesure limitée par l'augmentation de la pression d'injection, mais sont cependant presque toujours atteintes par une augmentation du rapport E/C.

Biblio. 20 réf.

Résumé de la revue.

IND. **B 4113** Fiche n° **59.916**

H. IRRESBERGER, F. SCHUERMANN et F. EICHBAUM. Der Uebergang Streb-Strecke in Grossbritannien und seine Brauchbarkeit im deutschen Bergbau. *Conceptions des extrémités de taille en Grande-Bretagne et leur applicabilité aux charbonnages allemands.* — **Glückauf,** 1972, 8 juin, p. 465/469, 6 fig.

Rapport sur la « Face Ends Exhibition » à l'occasion de laquelle certaines possibilités d'une meilleure conception des extrémités de taille ont été présentées et cela, dans le cas de voies de déblocage avec sections rectangulaire et circulaire creusées en avant du front de taille, de celles creusées au niveau de la taille et de celles creusées suivant le front de la taille ainsi que dans le cas des voies de tête de taille. Pour la conformation et les dispositions du raccord taille-voie d'évacuation des produits de la taille, aucune nouvelle solution n'a été trouvée en Grande-Bretagne. Les problèmes de soutènement à l'entrée de la taille n'ont pas encore été résolus. En Allemagne, par le soutènement par cadres rectangulaires ancrés, on a trouvé une solution pour l'extrémité de taille; cependant le champ d'application de ce mode de soutènement provisoire reste limité en raison des conditions géologiques préalablement exigées. En Allemagne, on souhaite que des améliorations techniques soient apportées au soutènement par cadres rectangulaires et à celui par cadres cintrés de creusement des voies avec un front aligné sur celui de la taille, tel qu'on l'a essayé au Royaume-Uni et en Belgique, et qui a été jugé favorable et avantageux tant du point de vue du soutènement que de la consommation en hommes/postes. Les problèmes se situent dans le domaine de la technique de mécanisation et de la lutte contre les poussières. L'application de la solution britannique reste limitée aux couches d'ouverture moyenne à épontes tendres et aux couches puissantes. Le creusement de la voie de tête de taille à une certaine distance de la tranche supérieure après avoir enlevé tout le charbon s'avère intéressant du point de vue de la mécanique des roches; par ailleurs, il s'est mécanisé avec succès en Angleterre. Il reste toutefois à éprouver si la mécanisation proposée est économique aux vitesses d'exploitation traditionnelles. En outre, il importerait de considérer si les dépenses d'entretien des voies sont réduites par suite de l'emplacement et de la position plus favorable sous l'aspect de la mécanique des roches.

Biblio. 4 réf.

IND. **B 73** Fiche n° **59.989**

O. HAIBACH, H. VOSEN et K. BURGER. Ziele und neue Entwicklungen für eine zeitgerechte Lagerstättenbearbeitung. *Objectifs et réalisations nouvelles pour établir les cartes, plans et coupes relatifs au gisement d'une manière moderne.* — **Glückauf,** 1972, 22 juin, p. 517/525, 4 fig.

Conjointement à de brèves considérations portant sur la recherche scientifique des objectifs et des principes de base, les auteurs font le point des méthodes et procédés de la technique des « champs » de transformation et de projection en vue d'obtenir un pouvoir optimal de définition et de précision cartographiques. Après avoir caractérisé la situation dans le domaine de l'enseignement, ils traitent de la cartographie minière conçue selon les normes modernes, surtout en ce qui concerne son rendement dans la pratique. Ils démontrent que les nouvelles méthodes possèdent vis-à-vis des méthodes de travail traditionnelles, de considérables avantages apportés par l'application de moyens et d'outils de travail et d'expression entièrement valables. Les expériences récoltées dans la pratique au cours des dernières années permettent un tel jugement. Pour leur efficacité complète devant les problèmes multiples du déroulement journalier de l'exploitation, il est indispensable de pouvoir disposer rapidement des moyens de travail ci-dessus mentionnés. Pour la première fois ainsi le mécanisme rationnel de la cartographie des gisements entre en action conjointement avec les objectifs imposés tant à l'échelon entreprise que chantier. Un recours renforcé aux méthodes et procédés modernes de la confection des cartes, plans et coupes de la mine s'impose tant dans les instituts d'enseignement que chez les exploitants. D'autant plus rapidement on s'aiguillera vers les nouveaux cours, d'autant plus tôt se réalisera la possibilité de l'utilisation optimale pour l'exploitation et de l'obtention de résultats financiers favorables pour l'entreprise.

Biblio. 24 réf.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT.

IND. **C 21** Fiche n° **59.924**

R.S. HOLMES. Corps of Engineers finds that large explosions yield low cost in rock excavating. *Un corps d'Ingénieurs découvre que les grandes charges d'explosifs diminuent le prix de revient du creusement en roches.* — **Mining Engineering,** 1972, avril, p. 36/39, 5 fig.

Un corps du génie de l'armée américaine en Californie a entrepris des recherches sur la production d'excavations en cratères en surface à l'aide d'explosifs enfouis dans le sol sous fortes charges, cas fréquent dans maints travaux publics : creusement de bassins, tranchées pour routes, etc. Des tonnes, voire des dizaines de tonnes d'explosifs constituent la charge, enfouie à plusieurs mètres dans le rocher. De nombreux exemples d'applications aux Etats-Unis sont fournis avec les techniques utilisées. Une tendance se manifeste depuis quelques années à réduire le prix de revient des excavations en remplaçant les charges sphériques de nitrométhane par des charges cylindriques d'explosifs au nitrate d'ammonium, moins coûteux et demandant des forages de moindre diamètre. D'autres perfectionnements des techniques de tir concourent au même but.

IND. **C 222** Fiche n° **59.979**

W. KOWALSKI. Die Bergbau-Zulieferindustrie auf der Hannover-Messe 1972. *Les fournisseurs de matériel de mine à la Foire de Hanovre 1972. « Support d'appareil de forage de mines du type Jumbo et perforateurs ».* — **Glückauf,** 1972, 22 juin, p. 503/504, 1 fig.

1) *De la Demag Drucklufttechnik GmbH.* Le bras de forage RB 10 « Rotaboom » à commande hydraulique, monté à raison d'une ou deux unités sur un châssis à chenilles. Affût de 5,2 m de longueur qu'il est possible de ramener à 1,22 m pour le transport dans les conditions extrêmes. Il est équipé avec le marteau perforateur RD 385 et le mécanisme de commande du bras lui permet de forer des mines parallèles en tout point du front, à l'intérieur d'un cercle de 5,1 m de ∅. 2) *De la firme Ingersoll-Rand GmbH.* Le perforateur URD 350; fleurets du type monobloc de 35 mm de ∅. Au cours des derniers mois, il a permis les avancements ci-après : a) en grauwacke, en tunnel : 1,5 à 1,70 m/min et en dolomite : 0,9 à 1,20 m/min; b) dans les schistes gréseux, en bouveau au puits Auguste Victoria (∅ de trou de 41 mm avec taillant en croix en Widia) : 1,2 m/min.

IND. **C 245** Fiche n° **59.907**

X. Nouveaux appareils de mesures de vibrations pour le contrôle des opérations de tirs (texte original en allemand). — **Wasagchemie,** 1971, septembre. Traduction française INIEX : 8 p.

Le programme de contrôle des vibrations dues aux opérations de tirs comprend une gamme d'appareils allant des stations de mesures complètes aux instruments de mesures simples ci-après que la présente note décrit : 1. Le capteur tridimensionnel type ZEB/GS 3 avec enregistreur à spot lumineux, type ZEB/LS. 2. Le capteur tridimensionnel avec calculateur analogique incorporé, type ZEB/GS 3 R et enregistreur photographique, type ZEB/LS. 3. Un instrument monodimensionnel, type MONO-MAX, ZEB/EMG 1 avec indication de la valeur maximum de la vitesse particulaire. 4. Un instrument de mesure

tri-dimensionnel, TRI-MAX, ZEB/EMG 3 avec calculateur analogique incorporé pour le calcul et l'indication de la vitesse résultante maximum de vibrations $V_R$max. 5. Une batterie rechargeable, type ZEB/BL pour l'alimentation des appareils ZEB/GS 3 R, MONO-MAX ZEB/EMG 1, et TRI-MAX ZEB/EMG 3. 6. Enregistreur photographique type ZEB/LS. 7. Transformateur DCAC, type ZEB/DCW.

Résumé de la revue.

IND. **C 245** — Fiche n° **59.908**

E. SCHMITZ. Nouvelles possibilités de contrôle des ébranlements de tir (texte original en allemand). Traduction française INIEX. — **Nobel Hefte,** 1971, octobre, p. 121/128.

Le développement technique dans les industries qui utilisent les tirs de mines pour leurs exploitations a conduit à des tirs de grande importance dont les vibrations sont telles qu'elles requièrent des mesures pour la protection du voisinage. Plusieurs milliers de mesures ayant été effectuées au moyen d'appareils enregistreurs pour déterminer les taux des vibrations, on a remanié le règlement DIN 4150 « Vibrations dans les bâtiments ». Ce règlement contient des valeurs d'orientation et des limites pour les vitesses de vibration normalement admissibles pour les bâtiments des différentes classes de construction. Afin de permettre aux entreprises qui utilisent la technique du minage le contrôle continu des tirs effectués, à l'aide de dispositifs de mesures simples, les instruments suivants ont été mis au point : — un instrument de mesure tridirectionnel « Tri-Max », avec calculateur analogique incorporé pour calculer et indiquer la vitesse maximale de vibration qui en résulte et un instrument de mesure monodirectionnel « Mono-Max », avec indication de la valeur maximale de la vitesse dans cette direction. Les autres appareils de la série sont : Poste de transmission à trois composantes - Poste de transmission à trois composantes avec calculateur analogique - Enregistreur à spot lumineux à 6 canaux - Batterie rechargeable. Par conséquent, un seul programme de livraison donne aux carrières, aux mines et aux entreprises de travaux souterrains la possibilité de choisir entre les appareils qui conviennent le mieux dans chacun de leurs cas.

Résumé de la revue.

IND. **C 4231** — Fiche n° **60.051**

H. KUNDEL. Schrämladertechnik in Europa. *Le havage en Europe pour abatteuse à tambour.* — **Glückauf,** 1972, 6 juillet, p. 563/572, 18 fig.

Points-clés exposés: - Quote-part de la production de charbon obtenue par havage (par abatteuse à tambour) dans la production totale mécanisée; évolution de 1950 à 1970 pour les principaux pays producteurs. - Paramètres intervenant dans la production de taille : conditions géologiques et minières, organisation, taux d'utilisation des équipements etc. - Causes de l'intérêt que présente le havage ou l'abattage par abatteuse-chargeuse à un ou deux tambours (type ranging). - Disposition des tambours. - Question de une ou deux abatteuses en taille. - Puissance installée. - Chargement des produits abattus dans l'allée de havage. - Abattage par tranches épaisses de couches puissantes. - Abattage de couches minces. - Lutte contre les poussières sur les abatteuses. - Télécommande et automatisation des abatteuses. - Perspectives d'évolution pour les abatteuses. - Exploitation par les abatteuses-chargeuses de types autres que les types traditionnels.

Biblio : 41 réf.

IND. **C 44** — Fiche n° **59.978**

W. KOWALSKI. Die Bergbau-Zulieferindustrie auf der Hannover-Messe 1972. *Les fournisseurs de matériel de mine à la Foire de Hanovre 1972. « Machines à creuser les galeries par attaque ponctuelle ou partielle de la section ».* — **Glückauf,** 1972, 22 juin, p. 501/502, 3 fig.

1) *De la Österreichisch-Alpine Montangesellschaft :* a) La machine de creusement des voies ou d'abattage sur front court. Type AM 50, pour la résistance de roches inférieure à 1000 kg/cm². Champ d'attaque de la fraise : 3,60 m en hauteur et 4,60 m en largeur. Puissance installée 155 kW. Bras porte-fraise commandé hydrauliquement et orientable dans toutes les directions. Monté sur châssis à chenilles. Son dispositif de chargement est du type à bras de même que celui d'évacuation des produits abattus. Une chaîne centrale à raclettes. b) Le Alpine-Rapid Tunneler ART 200. Il est muni du même type de bras porte-fraise que la AM 50. Toutefois, il est monté sur un châssis à pneux et ne comporte aucun convoyeur d'évacuation des produits intégrés à la construction. Destiné au creusement des tunnels horizontaux, il est actionné par un moteur Diesel de de 200 cv. La vitesse optimale de coupe se situe entre 1,3 et 2,75 m/s. Dans les terrains de résistance $R = 400$ kg/cm², son rendement est de 80 m³/poste, tandis que pour $R = 1000$ kg/cm² il tombe à 30 m³/poste. 2) *Firme Westfalia-Lünen :* Machine de creusement de voies ou d'abattage sur front court. Type WAV 170 (170 étant la puissance du moteur électrique principal). Commande électro-mécanique de la fraise (deux disques munis d'outils de coupe) et hydraulique des autres organes fonctionnels. Utilisée comme machine de voies, la section minimale qu'elle creuse est de 4,5 m de longueur sur 3,50 m de hauteur. Montée sur châssis à chenilles, l'évacuation des produits s'opère par deux petits con-

voyeurs à chaînes et raclettes installés à chacun des côtés latéraux de la machine, symétriquement par rapport au plan vertical axial de l'ensemble.

IND. **C 5** Fiche n° **59.927**

X. Cut rock-drive tunnels-mine minerals with high pressure water. First international jet cutting symposium meets in England. *Couper les roches, creuser les tunnels, exploiter les minéraux, avec l'eau sous haute pression. Le premier symposium international sur l'abattage par jet se réunit en Angleterre.* — **World Mining,** 1972, mai, p. 52/55, 3 fig.

L'article rend compte d'un congrès tenu en avril dernier à l'Université de Warwick, Coventry pour étudier le coupage et l'abattage des roches par des jets d'eau sous forte pression (jusqu'à 70.000 kg/cm^2). Il donne les titres des travaux présentés avec les noms de leurs auteurs et une description sommaire des principaux projets actuellement en cours d'exécution ou d'étude aux Etats-Unis, avec leurs caractéristiques d'exécution et techniques utilisées, types de jets et résultats d'essais. On fournit également des données et des résultats sur les expériences effectuées en U.R.S.S. L'ensemble des travaux présentés démontre que le procédé doit voir son champ d'application se développer considérablement.

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS. SOUTENEMENT.

IND. **D 13** Fiche n° **59.972**

G. EVERLING et A.G. MEYER. Ein Gebirgsdruck-Rechenmodell als Planungshilfe. *Modèle de calcul développé sur ordinateur, en tant qu'auxiliaire du planning en matière de pression de terrain.* — **Glückauf-Forschungshefte**, n° 3, 1972, juin, p. 81/88, 11 fig.

Le modèle digital en question permet d'évaluer quantitativement la pression des terrains en tout point d'un ouvrage minier même dans le cas d'une géométrie d'exploitation non contrôlable s'opérant simultanément dans plusieurs couches. Les pressions ainsi calculées ne permettent pas encore de formuler des pronostics immédiats pour le comportement des terrains et des exploitations vu que jusqu'ici on déplore encore l'absence de caractéristiques absolues relatives à la pression et vu que, dans un programme de calcul, on est contraint de procéder préalablement à de multiples simplifications afin que les dépenses restent défendables. Par contre, le calcul permet d'établir des comparaisons entre divers points situés à l'intérieur d'une et même couche. Celles-ci peuvent être mises à profit en tant qu'éléments fondamentaux du planning, par exemple pour la conduite et le contrôle adéquats de l'exploitation dans des couches sujettes aux coups de toit et pour la gestion du creusement des voies. La condition préalable imposée à un planning orienté vers l'avenir est toutefois la récolte d'expériences utilisables pour le maintien de la section et le soutènement des voies d'exploitation dans les couches individuelles. Cette collecte de données expérimentales — qui depuis 1970 constitue une des tâches principales de la « Forschungsstelle für Grubenausbau und Gebirgsmechanik » et se développe en vue d'une méthode de contrôle valable dans les voies de taille — ne peut se révéler rationnelle et efficace que lorsque la pression des terrains est considérée conjointement aux jugements portés. Ceci, pour la première fois, devient possible par le calcul approximatif effectué par le programme de calcul exposé par les auteurs.

Biblio. 3 réf.

IND. **D 31** Fiche n° **60.054**

K. GRUMBRECHT. Feuerschutzbehandlungen für Grubenholz. *Traitements de protection contre le feu appliqués aux bois de mines.* — **Glückauf,** 1972, 6 juillet, p. 584/585.

Le N.C.B. a mis au point un produit d'imprégnation des bois de mines appelé Fyrprufe — qui a pour but d'en retarder l'inflammation sous l'effet d'une augmentation de la température. Le Fyrprufe, composé de 89 % de sulfate ammonique, 5 % de phosphate ammonique, 4 % de fluorure de sodium et 2 % de chromate de sodium, s'emploie normalement à raison d'environ 73 kg par m^3 de bois à traiter. Des essais d'incombustibilité relative de bois imprégnés au Fyrprufe ou à d'autres agents retardateurs du feu ont été effectués tant à la galerie de surface du NCB à Buxton qu'à celle de la Versuchgrubengesellschaft mbH de Dortmund. L'auteur donne un bref compte rendu des résultats acquis lors de ces essais, établit des comparaisons entre divers retardateurs de feu et formule des recommandations concernant l'emploi approprié de ceux-ci.

IND. **D 47** Fiche n° **59.977**

W. KOWALSKI. Die Bergbau-Zulieferindustrie auf der Hannover-Messe 1971. *Les fournisseurs de matériel de mine à la Foire de Hanovre 1971. « Soutènement de mines ».* — **Glückauf,** 1972, 22 juin, p. 499/501, 4 fig.

1) De la firme Hemscheidt. a) une pile compacte de soutènement mécanisé de 600 t de portance, comportant 4 étançons portés par un châssis de base rigide; à la tête des étançons des bêles articulées activées hydrauliquement pour le ravancement. b) la pile-bouclier Mod. 72 pour couche de 1,5 à 4 m d'ouverture. Le bouclier côté foudroyage est soutenu par 2 étançons coulissants de 100 t chacun. 2) De la firme Klöckner-Ferromatik. a) la pile Ferromat 2/4. b) le soutènement à bouclier Ferromatik pour couche de

1,90 m à 3,20 m d'ouverture, 2 étançons de châssis de 70 à 100 t à volonté pour une pression de service de 315 bars, la poussée exercée sur le convoyeur blindé de taille est de 15,2 t et l'effort de traction exercé pour le ravancement du bouclier 29,2 t. 3) De la Aug. Thyssen-Hütte. AG. Etançon individuel à frottement en métal léger, type 70 - 40 pour couche en dressant (jusqu'à 54°) charge portante 40 t en hauteur maximale de 2,5 m, 30 t pour 3 m et 25 t pour 3,5 m. Plateau de tête à 4 couronnes avec œillets pour chaînes de sécurité.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS.

IND. **E 254** Fiche n° **59.915**

D. ZIMMERMANN. Automatischer Zugbetrieb unter Tage. *Roulage automatique au fond.* — **Glückauf**, 1972, 8 juin, p. 461/465, 3 fig.

A partir des expériences faites au Puits Général Blumenthal, l'auteur déduit les conditions préalables imposées à une marche automatique des locomotives desservant le réseau des voies de transport principales du fond. Pour la rentabilité de telles installations, il énumère, en première approximation, des valeurs de direction pour les frais d'exploitation et de premier établissement. Il établit les limites existant entre un système à marche automatique des trains et les systèmes de transport par bandes, il compare les avantages et inconvénients des deux modes de transport; de cette confrontation, il définit les limites de leur champ d'application propre. Dans le transport non continu — c'est-à-dire à trajet aller et retour des rames — du futur, on peut concevoir un transport par locomotives avec grandes rames de même qu'un système de trains de bande (bandes navettes) commandés par moteurs linéaires. Pour ces deux types de transport, l'auteur suggère des solutions qui peuvent conduire à une application subséquente de la marche automatique des convois. En particulier, pour le roulage, des wagons-véhicules surbaissés, de 20 m³ de contenance tractés par locos à trolley de 400 kW et, pour les bandes navettes à moteurs linéaires, des moteurs fixes, à double polarité, incorporés dans l'infrastructure de la voie et disposés à des intervalles correspondant à la longueur des rames désirée.

Biblio. : 3 réf.

F. AERAGE. ECLAIRAGE. HYGIENE DU FOND.

IND. **F 115** Fiche n° **59.812**

R. KARCIAUSKAS, F.X. BIBERT et R. DENIAU. Méthode d'étude de l'aérage. — **Chambre syndicale des Mines de Fer de France**, Bulletin Technique n° 106, 1972, 1er trimestre, p. 11/19, 7 fig.

Depuis plus d'un an, les mines de fer de Lorraine ont cherché à mettre au point une nouvelle méthode d'étude de l'aérage correspondant à leur structure et leurs besoins et permettant de résoudre les problèmes qui se posent à l'exploitant. Elles ont donc décidé d'appliquer la méthode Hardy-Cross pour la résolution des réseaux maillés plutôt qu'une méthode de calcul analogique, utilisant un simulateur qui, dans l'état des connaissances et des besoins, aurait conduit à des investissements importants pour des résultats aléatoires. La méthode Hardy-Cross a été adaptée aux problèmes des mines de fer et au passage sur un ordinateur scientifique puissant; on a établi un ordinogramme tenant compte des sujétions imposées par l'emploi de ventilateurs : ventilateurs installés dans un mur, pour lesquels il suffit de connaître l'abaque, dépression, débit; ventilateurs non cloisonnés installés dans les quartiers et fonctionnant en éjecteurs, pour lesquels une formule a été écrite puis vérifiée. Ensuite un programme de calcul a été écrit; il permet de traiter indifféremment les problèmes d'aérage général et les problèmes de quartier. Ce programme a été établi pour calculer dans un réseau maillé les débits, les pertes de charge et les puissances consommées. Il exige que les mailles indépendantes soient déterminées au préalable; on envisage de le perfectionner en automatisant la détermination des mailles indépendantes, en s'inspirant des études faites par l'Institut d'Hygiène des Mines de Hasselt. Pour terminer, on donne deux exemples vécus qui illustrent l'application pratique de la nouvelle méthode.

IND. **F 115** Fiche n° **60.063**

J. PATIGNY. Stabilisation de l'aérage des mines en cas d'incendie. Utilisation complémentaire de la théorie de Budryk et du calcul par ordinateur. — **Revue de l'Institut d'Hygiène des Mines**, 1971, n° 4, 4me trimestre, p. 181/199, 5 fig.

Le calcul des réseaux d'aérage sur ordinateur a pris une telle ampleur qu'on peut se demander s'il ne rend pas superflue l'utilisation de la théorie de stabilisation de l'aérage, initialement proposée par le professeur polonais Budryk et développée ensuite par un groupe d'experts de l'Organe Permanent pour la Sécurité et la Salubrité dans les mines de houille des Communautés Européennes à Luxembourg. Le présent article répond à cette question. Dans la première partie, on rappelle quelques points essentiels de la théorie de Budryk : construction des schémas ouverts et fermés, règles de stabilisation sur la base de ces schémas. Dans la 2ème partie, on expose comment on peut adapter les méthodes de calcul de l'aérage sur ordinateur au cas particulier des incendies miniers, et on décrit un programme permettant l'utilisation de l'ordinateur en mode con-

versationnel en cas d'incendie. La 3ème partie constitue un exemple d'application sur une mine importante de la théorie de Budryk et du calcul par ordinateur. Elle inclut la reproduction des messages échangés entre l'opérateur et l'ordinateur au cours d'une démonstration simulant le cas d'un incendie au pied d'un puits intérieur. Cette démonstration met en évidence la complémentalité des 2 méthodes en compétition.

Résumé de la revue.

IND. **F 21** Fiche n° **60.004**

S. KRICKOVIC et C. FINDLAY. Methane emission rate studies in a Central Pennsylvania Mine. *Etudes de la vitesse de dégagement du méthane dans une mine du centre de la Pennsylvanie.* — **U.S. Bureau of Mines R.I.,** n° 7591, 1972, 9 p., 4 fig.

En 1969, dans un charbonnage du centre de Pennsylvanie les auteurs procédèrent à l'étude du dégagement grisouteux à partir d'un tronçon de longue taille en couche « Lower Kittanning ». Le front de cette taille — qui s'étendait entre deux voies d'exploitation tracées d'avance — était déhouillé par une abatteuse-chargeuse à tambour, tandis que le creusement des voies d'exploitation s'opérait à l'aide de mineurs continus. L'étude couvrit une période de mesure comportant 22 postes continus de travail (7 1/3 jours). Le dégagement moyen de méthane issu du front de la taille et de ses deux voies d'accompagnement s'éleva à 96,28 dm^3/s. Le fait de recourir au foudroyage de l'arrière-taille fit monter les débits à des valeurs comprises entre 1988 dm^3/s et 2972 dm^3/s.

IND. **F 2321** Fiche n° **59.905**

P. TOLSON. The ignition of flammable atmospheres by small amounts of metal vapors and particles. *L'inflammation d'atmosphères inflammables par de faibles quantités de vapeurs et particules de métal.* — **Combustion and Flame,** 1972, n° 18, p. 19/26, 7 fig.

On sait que les décharges électriques entre électrodes de certains métaux à bas point d'ébullition sont capables d'enflammer certains gaz inflammables à des niveaux de l'énergie de l'arc plus bas que d'autres métaux et on a observé qu'au cours de la décharge, ces métaux à bas point d'ébullition émettent des quantités relativement grandes de vapeur et de particules de métal. L'étude en cours, effectuée par l'auteur, vise à déterminer si oui ou non de petites quantités de vapeur ou de particules de métal qui sont éjectées dans le gaz ambiant durant une décharge sont capables de causer l'inflammation de ce gaz. Dans un premier groupe d'expériences, il fit exploser des filaments métalliques par la décharge d'un condensateur qui les traverse et il permet que certains des produits de l'explosion passent via un orifice étroit dans une chambre contenant un mélange inflammable de CH_4 et d'air. Les résultats montrèrent que seuls les métaux à bas point d'ébullition causent immédiatement l'inflammation. Des photographies au schlieren (à grande vitesse de prises de vue) du développement des inflammations indiquèrent qu'alors que des particules individuelles d'Al causaient une inflammation immédiate, des particules des autres métaux examinés (Cd, Cu, Fe, Pb, Sn, W et Zn) ne le faisaient pas. Dans un deuxième groupe d'expériences, de petites quantités de vapeur et de particules de métal furent produites en centrant le rayon d'un laser à rubis sur une plage plane de la surface des échantillons tant de métaux que de métalloïdes. La quantité Q d'énergie nécessaire au laser pour produire suffisamment de vapeur pour enflammer une certaine atmosphère inflammable fut déterminée par chacune de ces matières et on trouva que Q augmentait considérablement au fur et à mesure que le point d'ébullition de ces matières diminuait. On en conclut que la facilité avec laquelle des arcs de décharge électriques entre métaux à point d'ébullition peu élevé provoquent des inflammations n'est pas due à l'inflammation de l'atmosphère inflammable par les vapeurs et particules de métal émises au cours de la décharge.

IND. **F 2321** Fiche n° **59.973**

S. MUELLER. Die Zündung von Schlagwettern durch Leichtmetallfunken. *L'inflammation du grisou par des étincelles de frottement sur métal léger.* — **Glückauf-Forschungshefte,** n° 3, 1972, juin, p. 89/95. 9 fig.

L'inflammation d'un mélange explosible air/gaz par des étincelles de métal dépend aussi bien des propriétés spécifiques à l'inflammation du mélange gazeux que du mécanisme de production et de combustion des étincelles métalliques. L'auteur étudia les propriétés à l'inflammation de mélange air/CH_4 du point de vue de la dépendance du temps d'induction vis-à-vis de la température et de l'effet des variations de la pression et du degré hygrométrique. Il s'avère que des variations atmosphériques de ces deux paramètres n'exercent dans le domaine étudié aucune influence mesurable sur les propriétés à l'inflammation. En vue de l'étude de la production et de la combustion des étincelles métalliques, l'auteur procéda, en premier lieu, à des essais avec un appareillage de tir; toutefois, celui-ci ne conduisit pas à des résultats reproductibles. Ce n'est qu'avec un autre appareillage à percussion produisant des étincelles de frottement que l'auteur obtient la reproductibilité exigée des résultats d'essais. Les études révèlent que des étincelles de métal léger n'enflamment un mélange explosible air/CH_4 que lorsque de la rouille de fer adhère au copeau de métal léger sous une forme bien déterminée et que, lors de la séparation, ce copeau est soumis à la température suffisamment

élevée, engendrée mécaniquement. Dans ce cas, l'étincelle d'Al, par une réaction thermique, peut atteindre la température d'ébullition et de vaporisation de l'Al. L'atmosphère air-gaz-vapeur d'Al ainsi formée continue à réagir et remplit bientôt la condition préalable nécessaire à l'inflammation du mélange explosible air/gaz et ce, à l'intérieur du laps de temps d'induction qui aboutit à réaliser l'énergie d'inflammation minimale pour un volume d'inflammation minimal. Au cours de ce mécanisme d'inflammation, des faibles quantités de métaux étrangers alliés à l'Al — tels que le beryllium — ne jouent un rôle inhibiteur que lorsqu'elles exercent une influence retardatrice sur le déroulement dans le temps de la réaction thermique entre Al et oxyde de fer. A noter que, pour les alliages d'Al examinés, il ne fut pas possible d'établir l'effet d'une telle influence. Néanmoins certains chocs appropriés — qui à l'impact associent le frottement —, la présence de rouille conduisent chaque fois à l'allumage du mélange explosible air/méthane ambiant.

Biblio. 18 réf.

IND. **F 442** Fiche n° **60.047**

S.A. GOLDBERG et M. JACOBSON. Bureau of Mines procedure for evaluating quartz content of respirable coal mine dust. *Les procédés appliqués au Bureau of Mines pour évaluer la teneur en quartz des poussières respirables de charbonnages.* — **U.S. Bureau of Mines, I.C.**, 1972, n° 8545, 10 p., 5 fig.

La loi fédérale de 1969 pour la sécurité et la santé dans les mines de charbon chargea le Bureau of Mines d'élaborer chaque année un programme d'inspection de salubrité. Les concentrations en poussières respirables dans les charbonnages sont mesurées par des inspecteurs du Bureau. Les échantillons de poussières respirables prélevés aux mines sont pesés pour en déterminer la concentration en poussières respirables, puis analysés pour en déterminer les teneurs en cendres et en quartz. Les auteurs décrivent les méthodes chimiques et physiques appliquées dans les laboratoires du Bureau of Mines pour déterminer la teneur en quartz des échantillons de poussières respirables prélevés aux mines.

Biblio. 12 réf.

IND. **F 65** Fiche n° **60.005**

N.N. MOEBS et C.E. CHAMBERLAIN. The effect of atmospheric pressures on the oxygen level in a sealed mine. *L'effet des pressions atmosphériques sur la concentration d'oxygène dans une mine obturée.* — **U.S. Bureau of Mines, R.I.**, n° 7606, 1972, 19 p., 14 fig.

Le contrôle continu de la teneur en oxygène de l'atmosphère d'un quartier de charbonnage isolé par scellement s'opéra à travers un trou de sonde en vue de déterminer l'efficacité du scellement (barrage obturant) vis-à-vis des rentrées d'air et de la force motrice principale à l'origine du phénomène dit de « respiration », à travers les terrains de couverture. On enregistra également la différence de pression sur chacune des faces du scellement ainsi que la pression barométrique à l'extérieur. Une corrélation générale, obtenue entre la concentration d'oxygène, la pression différentielle et la pression barométrique indique que les variations de la pression de l'air constituent la cause de la réalimentation périodique de la mine en oxygène. La qualité des effluents de la mine fut déterminée, sous certaines conditions, dans plusieurs secteurs du fond; toutefois il ne fut pas possible d'établir la relation qu'elle présente avec la teneur en O_2 relevée dans le trou de sonde.

IND. **F 91** Fiche n° **59.943**

R. JUNGHANS. Die neue « Lärm »-Gesetzgebung in der DDR unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitzplätze im Bergbau. *La nouvelle législation sur l'abattement du bruit dans la République Démocratique d'Allemagne, en particulier en ce qui concerne les chantiers du fond des mines.* — **Neue Bergbautechnik**, 1972, mai, p. 322/324.

Dans le cadre de la législation relative au traitement du paysage et du site naturel, conçu selon la doctrine socialiste, le gouvernement de la République Démocratique d'Allemagne a publié, au cours de 1970, toute une vaste série de mesures concrètes concernant l'abattement du bruit. Les résultats récents de mesures effectuées dans le domaine du bruit montrent que, dans de nombreux chantiers et ateliers de travail tant du fond que de la surface des mines, les niveaux acoustiques équivalents des bruits continus se situent encore actuellement au-dessus des valeurs réglementaires permissibles. L'auteur suggère des mesures de la lutte primaire et secondaire contre le bruit dans l'industrie minière.

IND. **F 91** Fiche n° **59.991**

G. FLUEGGE. Lärmhörschäden bei Bergleuten des Ostrau-Karwiner Kohlenreviers. *Troubles de l'ouïe causés par le bruit chez les mineurs du bassin d'Ostrava-Karwina.* — **Glückauf**, 1972, 22 juin, p. 531/532, 2 fig.

L'auteur a procédé à l'examen médical de 341 mineurs du bassin charbonnier d'Ostrava-Karwina qui, exerçant depuis plus de 20 ans la même activité au fond, accusent des troubles de l'ouïe. Les résultats enregistrés furent soumis à une analyse statistique et représentés graphiquement. De celle-ci, il résulte que : 1) Les troubles et affections de l'ouïe sont les plus accusés à la fréquence de 4000 Hz. 2) La surdité croît d'une manière linéaire avec le temps d'exposition. 3) Le degré de surdité, après avoir atteint une valeur maximale dans la fréquence de 4000 Hz,

cesse de croître même dans le cas d'une durée d'exposition plus longue. 4) Dans la fréquence 2000 Hz, on a pu déterminer que chez les mineurs occupés aux travaux de forage, ce n'est qu'au-delà de 20dB, que l'on constate une perte d'ouïe moyenne. 5) Entre oreille droite et oreille gauche, aucune différence sensible de perte d'ouïe. 6) L'usage du tabac et de l'alcool, l'artériosclérose, des modifications des muqueuses nasales et des déformations de la cloison médiane du nez n'exercent aucune influence sur la perte d'ouïe.

Biblio. 6 réf.

H. ENERGIE.

IND. **H 7** Fiche n° **59.926**

R.H. JONES. The systems approach to making F-R hydraulic fluid's work. *Les méthodes d'utilisation des fluides hydrauliques ininflammables.* — **Coal Age**, 1972, mai, p. 70/76, 6 fig.

L'introduction dans les mines souterraines des fluides hydrauliques et lubrifiants ininflammables a réduit les risques d'incendies. Ces fluides sont de plusieurs sortes : synthétiques, solutions de glycol dans l'eau, émulsions d'huile dans l'eau, émulsions d'eau dans l'huile. Chacun de ces quatre types a ses avantages et ses inconvénients aux divers points de vue de l'économie, du pouvoir lubrifiant, de la résistance au feu, de la production des fuites. Il faut prendre en considération les facilités d'emmagasinement et de manipulation, au sujet desquelles l'article fournit des indications et des exemples d'installations dans des mines américaines. Le système d'entretien des équipements hydrauliques doit être organisé. Il y a lieu d'accorder une attention particulière aux fuites, qui doivent être détectées et arrêtées le plus vite possible. Les pompes doivent être l'objet d'une surveillance constante. Il faut aussi veiller à réduire l'usure dans les mécanismes hydrauliques et des mesures appropriées sont indiquées : la filtration des fluides en fait partie. Le maintient des niveaux dans les réservoirs est également important. Un chapitre est enfin consacré au problème de l'introduction des fluides hydrauliques ininflammables dans une installation qui n'en utilisait pas précédemment. Une série de recommandations est énoncée à ce sujet.

I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES COMBUSTIBLES.

IND. **I 13** Fiche n° **59.922**

R.C. ELLMAN, LEROY DOCKTER et J.W. BELTER. Pulverizing lignite in a ring-roller mill. *La pulvérisation du lignite dans un broyeur à rouleaux (galets de roulement) disposés en anneau.* — **U.S. Bureau of Mines, R.I.**, n° 7631, 1972, 25 p., 7 fig.

Le Bureau of Mines étudia la pulvérisation du lignite dans un broyeur à train de galets disposés en couronne dans leur plan de roulement horizontal. On trouva que des facteurs importants de la pulvérisation étaient à la fois, la teneur en humidité et la source du lignite. La réduction de la teneur en humidité augmenta la capacité de broyage et réduisit la consommation de puissance; toutefois, le séchage préalable est plus efficace pour améliorer le fonctionnement du broyeur qu'un séchage opéré au sein même du broyeur. Une combinaison du système présécheur/broyeur produisit de notables améliorations mais d'autres efforts effectués en vue d'améliorer le séchage à l'intérieur du broyeur expérimental s'avérèrent être sans succès. On trouva que la pulvérisation de lignite gelé réduit sérieusement la capacité du broyeur et exige des besoins accrus en énergie ou puissance installée.

Biblio. : 7 réf.

J. AUTRES DEPENDANCES DE SURFACE.

IND. **J 210** Fiche n° **59.999**

J.A. LAWRENCE. Some properties of South Wales colliery discards. *Quelques propriétés des stériles de charbonnages du sud du Pays de Galles.* — **Colliery Guardian**, 1972, juin, p. 270/278, 8 fig. et juillet, p. 329/333, 4 fig.

I. L'exploitation du charbon et sa préparation donnent lieu à la production de grandes quantités de déchets, jusqu'ici sans valeur. On en connaissait peu les propriétés, mais la catastrophe d'Aberfan a attiré l'attention sur les amas de stériles du Pays de Galles et plusieurs études leur ont été consacrées. Le présent article examine les propriétés physiques et chimiques de ces stériles et leur comportement lorsqu'ils sont déposés sous forme de terrils. Les chapitres suivants sont successivement abordés : Types de roches formant les terrils — Composition chimique avec importance particulière du soufre — Densité — Nature des particules et répartition granulométrique — Propriétés plastiques — Fluidité « in situ » — Perméabilité. II. L'article examine ensuite les effets de l'altération des matériaux constituant les terrils, par les agents atmosphériques, décomposition chimique et désintégration physique. Il observe ensuite la migration des particules fines dont les effets, plus ou moins accentués suivant les cas, sont importants : il se forme dans la masse des terrils des surfaces qui peuvent devenir des plans de glissement, phénomène qui est longuement analysé dans ses effets et dans ses causes. On y voit intervenir la nature chimique des déchets constituant les terrils (surtout argileux en général), la granulométrie des éléments, la porosité, etc. On distingue la différence entre le méca-

nisme qui produit le glissement et celui qui crée la fluidité. La plupart des mesures relevées dans les terrils du Pays de Galles confirment cette observation. La stabilité apparaît en tant que problème fort complexe et qui ne comporte pas de solution générale.

K. CARBONISATION.

IND. **K 113** — Fiche n° **60.055**

W. HAFERKAMP. Strukturelle Veränderungen in den Märkten für Koks und Kokskohle. *Changements structurels intervenus dans les marchés du coke et des charbons à coke.* — **Glückauf**, 1972, 6 juillet, p. 589/593.

Le charbon à coke et le coke constituent pour la sidérurgie un domaine important du débouché des houilles, domaine dans lequel celles-ci ne sont substituées que dans d'étroites limites. Malgré la venue de nouvelles technologies de fabrication du fer brut et de la fonte, il ne faut pas s'attendre à ce que dans un avenir prévisible le procédé classique au haut fourneau, avec sa consommation de coke, soit évincé. C'est la raison pour laquelle dans toutes les considérations portant sur l'avenir des charbons, la croissance et le développement techniques s'opérant dans le secteur de l'acier jouent un rôle particulier. Par ailleurs, on ne peut manquer de constater que la structure de l'économie du coke mondiale se soit profondément modifiée au cours des dernières décennies. L'auteur donne une vue panoramique de ces modifications qui se sont manifestées dans l'économie mondiale du coke au cours des années qui suivirent la dernière guerre; elles intervinrent tant dans la production et la consommation intérieure des pays que dans leur commerce extérieur. L'exposé se complète par certaines données sur l'évolution des prix du charbon à coke.

M. COMBUSTION ET CHAUFFAGE.

IND. **M 51** — Fiche n° **59.967**

J. SYROTA. Les données du problème de la pollution atmosphérique : Niveaux de pollution. Réglementations. Effets de la pollution. Lutte contre les pollutions de l'industrie, des installations de combustion, des véhicules. Aspects économiques. — **Annales des Mines** (France), 1972, mai-juin, p. 9/175, 72 fig.

Sur le plan général de la pollution, il faut distinguer deux types d'effluents : 1) Ceux que l'on peut qualifier de biologiques qui furent les seuls importants jusqu'au début de ce siècle et qui le demeurent dans les pays en voie de développement. Ils comprennent non seulement des substances minérales ou organiques mais aussi des êtres vivants (virus, bactéries, moisissures, pollens, parasites divers). Ils sont plus ou moins parfaitement neutralisés par des processus naturels d'épuration et de régulation. La régénération des facteurs nécessaires à la vie se fait spontanément pour autant que la densité humaine ne croisse pas de façon démesurée. 2) Ceux que l'on pourrait appeler physico-chimiques et qui sont la rançon du progrès technologique. Ils font l'objet de la présente étude. Dans les nations fortement industrialisées, ils occupent d'ores et déjà la place prépondérante. Pour eux, les processus détoxicants sont ou inexistants ou trop lents, ou trop rapidement saturés. C'est donc contre eux que nous devons lutter en priorité tout en ne perdant pas de vue les effluents biologiques dont la masse croît avec la concentration démographique et représente une part non négligeable de la nuisance globale résultante. La présente étude n'a pas la prétention de traiter la totalité des sujets relatifs à la pollution atmosphérique. Deux catégories de questions seulement y ont été abordées : celles dont l'évolution est rapide et pour lesquelles il a paru nécessaire de faire le point et celles à propos desquelles la vérité n'existe pas; l'ensemble des éléments correspondants ont été ainsi rassemblés car ils sont susceptibles de constituer les données sur lesquelles peut être fondée une politique de lutte contre la pollution atmosphérique, tandis que les connaissances de base auxquelles il est implicitement fait appel peuvent être acquises dans différents traités existants sur le sujet.

IND. **M 54** — Fiche n° **59.910**

A.J. CLARKE. British practice in stack height calculation. *Méthodes de calcul de la hauteur des cheminées appliquées dans la pratique au Royaume-Uni.* — **Extern**, 1972, n° 3, p. 45/54, 4 fig.

Selon le Clean Air Act de 1968, l'approbation préalable des autorités locales est requise en ce qui concerne la hauteur des cheminées des petites et moyennes entreprises. Ces autorités disposent, comme guide en la matière, du « Chimney Height Memorandum » dans lequel sont reprises les méthodes de calcul simplifiées. Les points de départ sont : la quantité de dioxyde de soufre formée par rapport à la production, les dimensions du bâtiment en question, les caractéristiques de la région dans laquelle est située l'entreprise. Pour de plus grandes installations, l'autorisation de l'organisation nationale U.K. Alkali Inspection est exigée. Celle-ci se base essentiellement sur le rapport entre la quantité de SO_2 dégagé et la hauteur de la cheminée, tout en tenant compte dans une large mesure de l'expérience pratique. Pour les installations qui produisent plus de 40 tonnes par jour, c'est également U.K. Alkali Inspection qui est qualifiée. Acuellement on détermine la hauteur des cheminées par

la méthode de Sutton/CERL pour le calcul de la concentration en SO_2 au sol, et on accepte des pointes de concentration de courte durée, qui selon l'importance de l'origine peuvent atteindre les 30 pphm.

P. MAIN-D'ŒUVRE. SANTE. SECURITE. QUESTIONS SOCIALES.

IND. **P 23** Fiche n° **59.918**

R. GREUER. Die Ausbildung von Bergingenieuren in den U.S.A. *La formation des ingénieurs civils des mines aux U.S.A.* — **Glückauf,** 1972, 8 juin, p. 472/476.

L'auteur expose l'historique du développement, l'état actuel, les problèmes de la formation des ingénieurs civils des mines aux U.S.A. et les projets qui furent élaborés en vue de l'amélioration de celle-ci. Cet enseignement jusqu'ici fut marqué par les objectifs que s'étaient imposés anciennement les précédents Land Grant Colleges et plus tard les Universités d'Etat, à savoir : formation de cadres destinés à l'exploitation minière et uniquement axée sur la production plutôt qu'à la création d'une élite capable d'accomplir des tâches de direction, de gestion et de développement. Toutefois, au cours des dernières années, on s'est efforcé d'établir des cours octroyant le grade de doctor et de maîtres après des études fondamentales ayant conduit au grade de bachelier. On peut considérer la formation des ingénieurs des mines telle qu'elle s'opère actuellement aux U.S.A., à un mélange des formations prodiguées en Allemagne, d'une part, par les écoles professionnelles techniques et, d'autre part, par les Universités. Les différences gisent essentiellement dans le manque de pratique et dans l'insuffisance de préparation préalable des étudiants américains. Le fait que l'on soit parvenu à former en quatre années, des ingénieurs valables et efficaces résulte du régime intensif et sévère des études. Le problème le plus important de la formation d'ingénieurs civils de mines réside, à l'heure présente, dans le nombre relativement faible de candidats. L'auteur expose comment l'industrie minière et les Universités y font face. Tous les responsables sont conscients que des réformes urgentes s'imposent. De nombreux projets de réformes actuellement en discussion préconisent la création d'un enseignement de degré intermédiaire formant des techniciens et des conducteurs de mines, de même que l'augmentation de la durée des études d'ingénieurs civils des mines (une ou deux années en plus) et par ces mesures, on se rapprocherait assez bien du régime d'étude actuellement en vigueur en Allemagne.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE.

IND. **Q 1101** Fiche n° **59.544**

G. SEIFERT. et F.L. WILKE. Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Bestimmung des günstigsten Aufschlusses und Abbaus eines neuen Feldesteils im Steinkohlenbergbau. *Mise au point et application d'une méthode servant à déterminer la reconnaissance et l'exploitation les plus favorables d'un nouveau panneau dans les charbonnages.* — **Glückauf-Forschungshefte,** 1969, décembre, p. 271/279, 5 fig.

A partir de l'exemple d'une étude des opérations d'une exploitation, les auteurs décrivent une méthode qui permet de déterminer le type optimal de reconnaissance et l'exploitation d'un panneau de gisement donné. Il s'agit en l'occurrence d'un modèle de calcul destiné à simuler, d'une manière déterministe, les différentes variantes possibles. Le critère d'optimisation consiste à rendre maximale la contribution de couverture, cette opération s'effectuant par phases et approches sucessives. Cette façon de procéder permet une détermination très détaillée des dépenses prévisibles, ainsi que leur classification selon la nature et la localisation des centres de coûts et ce, en sorte que, d'abord, les valeurs à faire figurer au planning puissent en être déduites et ensuite, dans une certaine mesure, celles fournies a priori pour la conduite des travaux de reconnaissance et d'exploitation. Dans l'exemple qu'ils présentent, les auteurs exposent différentes variantes relatives à des travaux de préparation en couche, avec en annexe l'étude d'une variante comportant en plus des travaux au rocher (bouveaux et puits intérieurs) ; ils montrent ensuite que l'application de la méthode d'étude proposée est également valable dans ce cas. L'avantage du procédé réside avant tout dans la possibilité de présenter un large éventail d'alternatives et puis de pouvoir mettre à la disposition de la direction les éléments de base de la gestion des ouvrages capables de motiver les décisions, en particulier, les éléments pour lesquels il n'est guère possible de prendre en considération les influences qui les affectent et qu'on ne peut évaluer quantitativement. Par ailleurs, un avantage complémentaire de la méthode est la possibilité d'étude de paramètre permettant d'estimer les effets de facteurs d'influence incertains.

IND. **Q 1140** Fiche n° **59.920**

H. DANIELZIG. Messziffern der Produktivität im Steinkohlenbergbau der Bundesrepublik. *Indices de productivité dans l'industrie houillère de la République Fédérale d'Allemagne.* — **Glückauf,** 1972, 8 juin, p. 478/480, 2 fig.

Après avoir précisé, sur le plan général, la notion de productivité d'une entreprise ou d'une exploitation quel que soit le secteur industriel

auquel elle ressort, l'auteur définit l'indice de productivité comme étant le rapport : valeur de la production (exprimée selon une mesure donnée) à la valeur des facteurs qui contribuent aux processus de cette production. Couramment et sur le plan pratique, on ne prend généralement que le « travail » c'est-à-dire les prestations de la main-d'œuvre comme seul facteur d'influence. Dans les charbonnages, c'est cette version approchée qui prévaut habituellement, c'est ainsi que les indices de productivité généralement usités sont les rendements du fond exprimés en fonction de l'unité de « travail » (ou des prestations ou de consommation de main-d'œuvre) qui peut être le « poste » (Hp), l'heure prestée, ou l'ensemble des prestations annuelles. L'auteur à titre indicatif reproduit sous forme de graphiques l'évolution de ces indices appliqués à l'ensemble des charbonnages de la République Fédérale depuis 1957 jusqu'en 1971. Cette représentation lui est utile pour comparer l'évolution — pendant cette période de référence — de la productivité des charbonnages à celle des autres industries et de l'économie nationale.

IND. Q 1153 Fiche n° **59.952**

N.V. MELNIKOV. The role of coal in the energy fuel resources in the U.S.S.R. *Le rôle du charbon dans les ressources de combustible pour l'énergie en U.R.S.S.* — **Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1972, juin, p. 77/82.

L'article renseigne sur les réserves en pétrole, gaz naturel et charbon existant en U.R.S.S., leur répartition géographique et leur importance, qui est très considérable. Il insiste sur le rôle futur que doit jouer le charbon pour fournir les ressources d'énergie nécessaire au pays. Malgré la part décroissante prise par le charbon dans la répartition des fournitures des diverses sources d'énergie, cette part atteindra un chiffre très élevé, 1,6 à 1,8 milliard de tonnes par an. Le charbon sera principalement destiné aux centrales thermo-électriques (jusqu'à 60 à 70 % de la production), aux cokeries, métallurgie, chimie, usages domestiques, etc. Des exploitations nouvelles seront créées et les techniques seront modernisées et perfectionnées de manière à se situer au plus haut niveau, aussi bien dans les mines à ciel ouvert que dans les mines souterraines.

IND. Q 1160 Fiche n° **60.023**

D.J. STELLE. Some impressions of the coal industry of the U.S.A., 1971. *Quelques impressions sur l'industrie charbonnière des U.S.A. en 1971.* — **The Mining Engineer,** 1972, juillet, p. 493/506, 3 fig.

La présente note constitue le rapport d'un voyage effectué par l'auteur aux U.S.A. en août et septembre 1971 dans le cadre d'un travail de fin d'études d'ingénieur des mines. Elle décrit la géologie des gisements de charbon des U.S.A. et met en relief jusqu'à quel point les conditions géologiques qui règnent aux U.S.A. diffèrent de celles du Royaume-Uni. Les statistiques de production de l'année en cours sont suivies d'une analyse des besoins futurs en sources d'énergie. L'auteur discute des détails techniques en rapport avec les mines de charbon, souterraines et à ciel ouvert, et se réfère en particulier à la loi fédérale de 1969 relative à la sécurité et à la santé dans les charbonnages, dont l'application rigoureuse affecte actuellement toute l'industrie charbonnière.

IND. S 455 Fiche n° **59.881**

C. BOES, R. DUERING et E. WASSERROTH. Airlift als Antrieb für Einrohr- und Doppelrohrförderanlagen. *L'air-lift pour la commande d'installations de manutention à un et deux tubes.* — **Fördern und Heben,** 1972, mai, n° 7, p. 367/378, 16 fig.

Etant donné que les projets de dispositifs techniques efficaces requièrent une connaissance approfondie des principes physiques des processus de ces installations, les auteurs traitent d'abord des travaux de recherche ayant trait à l'« air-lift ». Des solutions approchées sont indiquées pour l'air émulsionné dans l'eau sous haute pression et la vitesse de mise en émulsion de l'air. Le système air-lift convient pour la commande d'installations de manutention à deux tubes sans ou avec récipients. Des installations de ce genre peuvent être réalisées sans soupape de refoulement. Un dimensionnement optimal de l'installation de manutention à deux tubes et de la commande par air-lift (petites vitesse de transport) permet même d'obtenir des degrés d'efficacité plus élevés que dans le cas de commande par pompes. Biblio. 31 réf. Résumé de la revue.

Bibliographie

BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL. Encyclopédie de médecine, d'hygiène et de sécurité du travail. Edition anglaise. Deux volumes illustrés. BIT, CH-1211 Genève 22. Prix (2 vol. : 180 francs suisses; 49,50 dollars).*

Si les catastrophes minières font les gros titres des journaux, les accidents qui frappent une seule personne sont la cause d'un nombre de morts encore bien plus élevé. Voilà ce qui ressort des chiffres cités dans la nouvelle Encyclopédie de médecine, d'hygiène et de sécurité du travail, dont l'édition anglaise vient d'être publiée par le Bureau international du Travail.

Cet ouvrage de référence est destiné à attirer l'attention des lecteurs, spécialistes ou non, sur les risques d'accidents du travail et à mieux faire connaître les méthodes de prévention. Notant que les causes des grands sinistres font l'objet d'enquêtes minutieuses, il recommande que des mesures soient également prises pour prévenir les accidents individuels, auxquels sont imputables 80 % environ du nombre total des victimes dans les houillères. Plusieurs articles de l'Encyclopédie traitent de l'industrie houillère, l'une des plus meurtrières de toutes. Le taux des accidents mortels y est souvent de trois à dix-huit fois plus élevé que dans les industries manufacturières.

Le risque majeur : l'éboulement

Les éboulements de charbon et de pierres représentent au moins 40 % de l'ensemble des accidents du fond. « Cette proportion ne décroît que très lentement, et en général par paliers de longue durée, en raison d'un enchevêtrement de causes techniques, géologiques et humaines », relève l'Encyclopédie. Si l'on veut conserver une certaine maîtrise de ce risque, il faut déployer une vigilance constante dans le contrôle et le soutènement du toit et des parements des excavations, des chambres et des voies souterraines. La formation à la sécurité, la surveillance technique et la mise en place d'un bon soutènement contribuent notablement à réduire les accidents de cette catégorie.

L'Encyclopédie décrit d'autres sources de danger, telles que la traction et le transport, la machinerie, les chutes de personnes, les coups de grisou et feux de mine, les inondations, les explosifs, l'électricité et la pollution de l'atmosphère. Elle souligne l'importance d'une réglementation de sécurité d'application facile et techniquement bien au point, ainsi que celle des services d'inspection, et attire l'attention sur le Règlement-type de sécurité pour les travaux souterrains dans les mines de charbon, publié par le BIT, et sur d'autres publications ayant trait à la sécurité dans les mines.

Les affections pulmonaires

L'Encyclopédie traite aussi des maladies pulmonaires causées par les poussières et donne la plus récente définition internationale des pneumoconioses. Ce groupe d'affections, qui comprend la silicose, est presque partout la cause la plus fréquente d'invalidité professionnelle, et depuis plus de quarante ans on s'est efforcé d'en classifier les diverses formes afin de permettre aux experts d'échanger leurs informations et de comparer leurs expériences.

Une nouvelle classification des pneumoconioses, mise au point lors d'une conférence internationale organisée par l'OIT en 1971, rend pour la première fois possible l'analyse des données radiographiques par ordinateur, ce qui facilitera grandement les travaux de recherche.

* L'édition française est en préparation; le premier volume paraîtra au printemps 1973, le second au cours de l'hiver suivant.

Imprimerie Robert LOUIS, s.p.r.l., rue Borrens 35-43, 1050 Bruxelles

Drukkerij Robert LOUIS, p.v.b.a., Borrensstraat 35-43, 1050 Brussel